

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro

A EVOLUÇÃO DOS PROCESSOS EROSIVOS NA BACIA DO
RIBEIRÃO ALAM GREI – SP: UMA CONTRIBUIÇÃO AO
PLANEJAMENTO AMBIENTAL.

PATRÍCIA BORGES

Orientador: CENIRA MARIA LUPINACCI DA CUNHA

Dissertação de Mestrado elaborada junto ao
Programa de Pós-Graduação em Geografia
Área de Organização do Espaço para
obtenção do título de Mestre em Geografia.

Rio Claro (SP)
2009

Comissão Examinadora

Cenira Maria Lupinacci Cunha

Regina Célia de Oliveira

Antônio Carlos Tavares

Patrícia Borges

Aluno (a)

Rio Claro, 30 de Outubro de 2009.

Resultado: Aprovado.

**À Deus, pela força e graça de mais uma conquista.
Aos meus pais por estarem presentes em todos os
momentos desta caminhada, torcendo, chorando e
vibrando comigo a cada vitória.**

AGRADECIMENTOS

À Prof.^a Dra. Cenira Maria Lupinacci da Cunha pela orientação concedida nestes cinco anos, a qual devo o meu amadurecimento profissional e científico.

À todos os amigos do Laboratório de Geomorfologia do Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento, pelos momentos de ajuda, de companheirismo e de muitas alegrias.

Às bibliotecárias da UNESP do campus de Rio Claro, especialmente à Nilza, pela dedicação e ajuda nas prestações dos serviços, muito obrigado.

À Banca de Exame de Qualificação, Prof. Dr. Archimedes Perez Filho e Prof. Dra. Iandara Alves Mendes, pelas valorosas contribuições no desenvolvimento da pesquisa.

Aos meus queridos Mestres que mesmo de forma indireta contribuíram significativamente com esta pesquisa, ao transmitirem o conhecimento e a paixão pela Geografia, em especial ao Prof. Dr. Antônio Carlos Tavares.

Ao amigo Leandro de Godoy Pinton pela disposição em ajudar sempre que preciso.

À FAPESP pelo crédito da concessão da bolsa, a qual muito contribuiu para o desenvolvimento da pesquisa.

Ao Alan, companheiro e amigo, o qual agradeço pelos momentos de ajuda, de consolo e de muito incentivo.

Ao meu pai, pelo carinho, companheirismo e disposição em ajudar e me acompanhar a cada trabalho de campo.

RESUMO

A problemática ambiental da erosão dos solos tem se intensificado nos dias atuais, sendo alvo de vários estudos e pesquisas que visam buscar soluções frente a problemática do esgotamento dos solos, principalmente àqueles submetidos às práticas agrícolas. A bacia hidrográfica do Alam Grei é uma destas áreas que vêm sofrendo com o desencadeamento dos processos erosivos em toda a sua extensão, na qual se constata que a alteração antrópica, principalmente com a retirada da mata original para o uso de pastagens, plantação de cana-de-açúcar e áreas construídas, vem acarretando a formação de feições geomorfológicas que indicam tais processos em seus vários estágios de evolução. Desta forma, a pesquisa proposta tem por objetivo avaliar historicamente o comportamento dos processos erosivos na bacia do Ribeirão Alam Grei por meio da Equação Universal de Perdas de Solo nos anos de 1972, 1995 e 2008, visando assim, oferecer informações que contribuam para o planejamento ambiental da bacia para que as ações nela desenvolvidas venham ser compatíveis com a capacidade de suporte do meio físico da área.

Palavras – Chave: Bacia Hidrográfica, Erosão dos Solos, Práticas Agrícolas.

ABSTRACT

Nowadays the environmental problem of soil erosion has gotten bigger and has been a target of several studies and researches that aim to look for solutions to the problem of the soil exhaustion, mainly those ones submitted to agricultural practice. Alam Grei's hydrographic basin is one of these areas that are suffering with erosive processes in all its extension where it is possible to verify that the anthropic alteration, mainly because of the removal of the original forest for pasture, sugarcane plantation and built areas, has been causing the formation of geomorphologic features which indicate such processes in their several evolution stages. So, the proposed research aims to historically evaluate the behavior of the erosive processes in the basin of Alam Grei streamlet through the Universal Soil Loss Equation in 1972, 1995 and 2008, seeking to offer information to contribute to the environmental planning of the basin so that the actions developed there come to be compatible with the support capacity of the area physical environment.

Key Words: Hydrographic Basin, Soil Erosion, Agricultural Practice.

Lista da Figuras

| | |
|---|-----|
| 1 – Localização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Alam Grei – SP..... | 37 |
| 2 – As Litologias da Bacia do Ribeirão Alam Grei – SP..... | 40 |
| 3 – Os Tipos de Solo da Bacia do Ribeirão Alam Grei – SP..... | 43 |
| 4 – Carta de Forma de Vertentes..... | 52 |
| 5 – Uso do Ábaco Graduado na Elaboração da Carta Clinográfica..... | 55 |
| 6 – Pontos de Análise de Solos da Bacia do Ribeirão Alam Grei – SP..... | 57 |
| 7 - Etapas da Construção da Base de Cálculos..... | 59 |
| 8 – Ilustração do Pino de Metal Cravado no Solo..... | 72 |
| 9 – Representação em Papel Milimetrado da Localização dos Pinos dentro da Estação de Monitoramento..... | 73 |
| 10 – Carta de Potencial Natural à Erosão..... | 80 |
| 11 – Carta de Estimativa de Perdas de Solo da Bacia do Ribeirão Alam Grei, 1972..... | 81 |
| 12 - Carta de Estimativa de Perdas de Solo da Bacia do Ribeirão Alam Grei, 1995..... | 82 |
| 13 - Carta de Estimativa de Perdas de Solo da Bacia do Ribeirão Alam Grei, 2008..... | 83 |
| 14 – Carta de Uso e Ocupação da Terra da Bacia do ribeirão Alam Grei, 1972..... | 84 |
| 15 – Carta Geomorfológica da Bacia do Ribeirão Alam Grei, 1972..... | 86 |
| 16 - Carta de Uso e Ocupação da Terra da Bacia do Ribeirão Alam Grei – SP, 1995.... | 88 |
| 17 - Carta Geomorfológica da Bacia do Ribeirão Alam Grei – SP, 1995..... | 89 |
| 18 - Carta de Uso e Ocupação da Terra da Bacia do Ribeirão Alam Grei – SP, 2008.... | 91 |
| 19 - Carta Geomorfológica da Bacia do Ribeirão Alam Grei – SP, 2008..... | 93 |
| 20 – Recorte da Carta Geomorfológica, 1972, 1995 e 2008..... | 96 |
| 21 - Carta de Declividade da Bacia do Ribeirão Alam Grei – SP..... | 102 |

Lista de Gráficos

| | |
|---|-----|
| 1 – Frequência dos Valores de Potencial Natural á Erosão..... | 68 |
| 2 – Frequência dos Valores de Estimativa de Perdas de Solo, 1972..... | 69 |
| 3 - Frequência dos Valores de Estimativa de Perdas de Solo, 1995..... | 69 |
| 4 - Frequência dos Valores de Estimativa de Perdas de Solo, 2008..... | 70 |
| 5 – A Distribuição das Classes de Uso e Ocupação da Terra na Área da Bacia do Ribeirão Alam Grei – SP, em porcentagem, identificados no ano de 1972..... | 85 |
| 6 - A Distribuição das Classes de Uso e Ocupação da Terra na Área da Bacia do Ribeirão Alam Grei – SP, em porcentagem, identificados no ano de 1995..... | 92 |
| 7 - A Distribuição das Classes de Uso e Ocupação da Terra na Área da Bacia do Ribeirão Alam Grei – SP, em porcentagem, identificados no ano de 2008..... | 98 |
| 8 – Variação na Distribuição das Classes de Uso e Ocupação da Terra na Bacia do Ribeirão Alam Grei – SP, em porcentagem, identificadas nos anos de 1972, 1995 e 2008..... | 100 |
| 9 – A Distribuição das Classes de Perdas de Solo, em porcentagem, da Bacia do Ribeirão Alam Grei – SP, identificadas no ano de 1972..... | 106 |
| 10 - A Distribuição das Classes de Perdas de Solo, em porcentagem, da Bacia do Ribeirão Alam Grei – SP, identificadas no ano de 1995..... | 106 |
| 11 - A Distribuição das Classes de Perdas de Solo, em porcentagem, da Bacia do Ribeirão Alam Grei – SP, identificadas no ano de 2008..... | 107 |
| 12 – Variação na Distribuição das Classes de Perdas de Solo na Bacia do Ribeirão Alam Grei – SP, em porcentagem, nos anos de 1972, 1995 e 2008..... | 107 |
| 13 – Comportamento das perdas de solo nas Parcelas de Monitoramento 1, 2, 3 e 4...109 | |

Lista de Tabelas

| | |
|---|-----|
| 1 – Precipitação Mensal na Bacia do Ribeirão Alam Grei – SP..... | 63 |
| 2 – Valores de EL Mensais e Valor de R..... | 64 |
| 3 – Classes de Solos da Bacia do Ribeirão Alam Grei – SP e Valores de K..... | 64 |
| 4 – Classes de Uso e Ocupação da Terra da Bacia do Ribeirão Alam Grei – SP..... | 65 |
| 5 – Fragmento da Planilha de Cálculo do Potencial natural à Erosão Elaborado para a Bacia do Ribeirão Alam Grei – SP..... | 66 |
| 6 – Fragmento da Planilha de Cálculo de Perdas de Solo da Bacia do ribeirão Alam Grei – SP, 1972..... | 66 |
| 7 - Fragmento da Planilha de Cálculo de Perdas de Solo da Bacia do ribeirão Alam Grei – SP, 1995..... | 67 |
| 8 - Fragmento da Planilha de Cálculo de Perdas de Solo da Bacia do ribeirão Alam Grei – SP, 2008..... | 67 |
| 9 – Classes do Potencial Natural à Erosão..... | 70 |
| 10 – Características das Parcelas de Monitoramento dos Pinos de Erosão..... | 72 |
| 11 – Medidas dos Pinos de Erosão, Parcela 1..... | 74 |
| 12 - Medidas dos Pinos de Erosão, Parcela 2..... | 75 |
| 13 - Medidas dos Pinos de Erosão, Parcela 3..... | 75 |
| 14 - Medidas dos Pinos de Erosão, Parcela 4..... | 76 |
| 15 – Valores da densidade Aparente das Amostras de Solos nas Parcelas 1, 2, 3 e 4..... | 77 |
| 16 – Representação da Planilha de Cálculo de Perdas de Solo das Parcelas 1, 2, 3 e 4..... | 111 |

SUMÁRIO
PÁGINA

| | |
|---|-----|
| 1 – INTRODUÇÃO..... | 12 |
| 2 – A EROÇÃO E A EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDAS DE SOLO..... | 15 |
| 2.1 – Os Pinos de Erosão..... | 32 |
| 3 – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO..... | 37 |
| 4 – MÉTODO E TÉCNICAS..... | 47 |
| 4.1 – Método..... | 47 |
| 4.2 – Técnicas..... | 50 |
| 4.2.1 – As Técnicas Cartográficas..... | 50 |
| 4.2.2 – Fatores da Equação Universal de Perdas de Solo..... | 60 |
| 4.2.3 – Os Pinos de Erosão..... | 71 |
| 5 – ANÁLISE DOS RESULTADOS..... | 79 |
| 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 113 |
| 7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 117 |

1 - INTRODUÇÃO

Os níveis de degradação ambiental que o planeta tem atingido nas últimas décadas têm acarretado problemas sérios para a população que sofre as conseqüências de um sistema natural alterado pela própria ação antrópica.

Franco (2001, citado por Lohmann, 2005, p.15) afirma que o potencial destrutivo das formas de ocupação do espaço há muito é conhecido. Todavia, somente a partir da década de 1970, a problemática ambiental passou a preocupar a sociedade em nível mundial, devido à manifestação de um conjunto de sinais negativos apresentado pelos sistemas naturais, os quais anunciavam a insustentabilidade do ritmo acelerado de desenvolvimento econômico e social pelos quais, sobretudo os países desenvolvidos, percorriam.

Lohmann (2005, p.17) afirma que, no Brasil, a gestão ambiental ainda não foi assumida de forma adequada e seu panorama atual caracteriza-se pela falta de articulação entre as diferentes instituições envolvidas, seja pela ausência de coordenação e acompanhamento ou pela crônica carência de recursos financeiros e humanos para o gerenciamento das questões relativas ao meio ambiente. Na visão de Monteiro (1981), isso procede da própria forma como ocorreu, desde os tempos coloniais, o desenvolvimento econômico do Brasil, em que a existência de determinados ciclos econômicos enfatizava a exploração exaustiva de nossos recursos naturais.

No contexto brasileiro os problemas ambientais, [], têm-se agravado a passos largos e sua lenta resolução tem-se tornado de conhecimento público pelos seus fortes impactos socioambientais. Nesse sentido, torna-se imprescindível que os municípios coloquem em prática políticas ambientais e criem condições para uma gestão ambiental urbana participativa e democrática, objetivo principal apregoado pela Agenda 21. (LOHMANN, 2005, p.17).

Levando em consideração essa questão, Farenzena (2002, p. 34, citado por Lohmann, 2005) comenta que diante dos novos paradigmas e problemáticas ambientais e das novas atribuições concedidas ao poder público municipal, para que este possa desenvolver ações planejadas e orientadas, tornou-se essencial o conhecimento da organização espacial do município, sua evolução, bem como suas implicações ambientais, devendo-se levar em consideração o processo histórico de ocupação, as relações entre sociedade e natureza e as características culturais, que, por sua vez, podem exercer grande influência na organização do espaço.

Para Ab'Saber (2003, p.9), as paisagens naturais são uma herança, tanto no sentido dos processos fisiográficos e biológicos, assim como um patrimônio coletivo dos povos, que as herdaram para nelas desenvolverem suas atividades, suas formas de atuação. Assim, o autor afirma a responsabilidade de toda a sociedade “desde os mais altos escalões do governo e da administração até o mais simples cidadão” na utilização de forma não-predatória dessa herança, que ele afirma ser única. (AB'SABER, 2003, p.10)

Evidentemente, para os que não têm consciência do significado das heranças paisagísticas e ecológicas, os esforços dos cientistas que pretendem responsabilizar todos e cada um pela boa conservação e pelo uso racional da paisagem e dos recursos da natureza somente podem ser tomados como motivo de irritação, quando não de ameaça, a curto prazo, à economicidade das forças de produção econômica . (AB'SABER, 2003, p. 10)

Da mesma maneira, Macagnan (1990, p.1) afirma que a preservação da natureza, entendida pela autora como “o uso de forma a não perturbar para preservar o sistema natureza e a exploração racional dos recursos naturais [...]”, é um problema que deve ser encarado tanto pela comunidade científica quanto por todos os outros setores da sociedade, já que é do sistema da natureza que depende a sobrevivência de todos os seres vivos. A autora afirma ainda que (Macagnan, 1990, p.1) :

A humanidade desde os primórdios vem exercendo uma profunda influência no meio ambiente, modificando-o a ponto de romper o equilíbrio natural existente, causando impactos no decorrer de sua história, cada vez mais profundos, e de recuperação mais demorada, ou mesmo impossíveis.

Em função da crescente necessidade de preservação, de recuperação e da utilização adequada dos recursos naturais, é de fundamental importância o conhecimento das variadas formas de se estudá-los. Nesse contexto, não se pode deixar de lado a importância dos conhecimentos geográficos para o estudo do meio ambiente, em especial de uma de suas áreas específicas, a Geomorfologia, para as ações de planejamento ambiental, do uso e ocupação da terra.

Cassetti (1994, p.11) afirma que a geomorfologia é uma ciência que tem por objetivo analisar as formas de relevo, buscando compreender as relações processuais pretéritas e

atuais. Assim, sendo componente da ciência geográfica, esta constitui um importante subsídio para a compreensão racional da forma de apropriação do relevo pelo homem.

Sabe-se que o relevo assume importância fundamental, sobretudo no processo de ocupação do espaço, fator este que inclui as propriedades de suporte ou recurso, cujas formas ou modalidades de apropriação respondem pelo comportamento da paisagem. (CASSETI, 1994, p.12)

Para Ross (2003, p. 10), “o relevo terrestre é parte importante do palco, onde o homem, como ser social, pratica o teatro da vida”. Entende-se, desta forma, que o conhecimento da evolução das formas de relevo, que ocorre por meio de processos endógenos e exógenos, é fundamental para o desenvolvimento das atividades antrópicas, já que estes estudos permitem a compreensão dos diferentes graus de sensibilidade deste “palco” quanto ao seu uso e ocupação.

O autor afirma ainda que inúmeras são as interferências do homem no sistema natural, quando este constrói e reordena os espaços físicos com a implantação de cidades, estradas, atividades agrícolas, entre outras. “Todas essas modificações inseridas pelo homem no ambiente natural alteram o equilíbrio de uma natureza que não é estática, mas que apresenta quase sempre um dinamismo harmonioso em evolução estável e contínua, quando não afetada pelos homens” (ROSS, 2003, p.12). Assim, é imprescindível a compreensão da dinâmica dos ambientes naturais onde as formas de relevo se inserem como um dos componentes de grande importância.

Christofolletti (1979, p. 55) afirma que a natureza, sendo um sistema, tem seu equilíbrio dependente do “(...) ajustamento completo das suas variáveis internas às condições externas”. Quando influências externas modificam partes do sistema, o todo é também alterado, pois suas partes estão estreitamente inter-relacionadas. Solo, relevo, clima e vegetação são partes integrantes dos sistemas naturais e qualquer alteração em uma dessas partes vai repercutir nas demais, rompendo o equilíbrio dinâmico existente.

Dentre os elementos dos sistemas naturais, os solos têm merecido especial atenção, especialmente nos últimos anos, em razão de sua intensa exploração, sobretudo para as atividades agrícolas.

A agricultura moderna esqueceu-se de que era estreitamente ligada a leis rigorosas e universais, das quais o homem não pode fugir. (Macagnan, 1990, p.2)

Assim, a grande exploração dos solos para as atividades agrícolas tem provocado um grande e complexo problema ambiental, devido aos vários fatores que o envolvem, a saber, a erosão.

A bacia hidrográfica do ribeirão Alam Grei é uma das áreas que vêm sofrendo com o desencadeamento dos processos erosivos em toda a sua extensão, na qual se constata que a alteração antrópica, principalmente com a retirada da mata original para o uso de pastagens, plantação de cana-de-açúcar e áreas construídas, vem acarretando a formação de feições geomorfológicas que indicam tais processos em seus vários estágios de evolução.

Desta forma, a presente pesquisa teve por objetivo avaliar historicamente o comportamento dos processos erosivos na bacia do ribeirão Alam Grei por meio da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS), nos cenários de 1972, 1995 e 2008. Para o ano de 2008 obteve-se, além de os dados da modelagem matemática, dados experimentais por meio do sistema de pinos (De Ploy e Gabriels, 1980) visando à comparação dos dados da EUPS com os experimentos a fim de avaliar a confiabilidade deste modelo na avaliação dos processos erosivos. Assim, pretendeu-se oferecer informações que contribuam para o planejamento territorial da bacia para que as ações nela desenvolvidas possam ser compatíveis com a capacidade de suporte do meio físico da área.

2. A EROSÃO E A EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDAS DE SOLO.

De acordo com Macagnan (1990, p.5), a erosão é um fenômeno que ocorre na natureza por meio de dois processos. O primeiro refere-se à *erosão natural ou geológica*, que sempre ocorreu na superfície terrestre, responsável pela modelagem do relevo, por um processo lento ao longo da história da Terra. O segundo diz respeito à *erosão acelerada ou antrópica*, entendida como um processo rápido, intensificado pela ação humana, que ao modificar os sistemas naturais, sobretudo com a retirada da cobertura natural para uso de práticas agrícolas, causa um desequilíbrio neste sistema, gerando o aceleração dos processos erosivos.

Lepsch (2002) descreve que a superfície da Terra não é estática, estando em constantes transformações ao longo das eras geológicas, transformações estas geradas pela ação dos rios, dos ventos, das geleiras e das chuvas, por um processo natural, ao qual ele também denomina *erosão geológica ou natural*. O autor afirma que em condições de clima úmido, e em seu estado natural, “a vegetação cobre o solo como um manto protetor, o que torna sua remoção muito lenta e, portanto, compensada pelos contínuos processos de formação” (LEPSCH,

2002, p.149). Este ciclo do desgaste erosivo, com conseqüentes perdas de solo, é equilibrado pela ação dos agentes intempéricos sobre a rocha matriz, em condições naturais.

Todavia, o autor também entende a existência de outro processo erosivo, causado pela ação do homem no sistema natural, em especial quando da retirada da vegetação original e revolvimento da camada superficial dos solos para práticas agrícolas, sem os devidos cuidados, tornando a erosão acelerada, havendo grande remoção dos horizontes superficiais. O autor denomina esse processo como *erosão acelerada*.

Bigarella (2003, p.884), ao se referir ao estado de equilíbrio erosivo, afirma que, em condições naturais, onde não haja a alteração antrópica sobre o sistema natural, o desgaste da superfície por erosão é compensado pela contínua alteração das rochas, mantendo-se, dessa forma, o perfil do solo. Porém, o autor atesta que havendo a ruptura desse equilíbrio, os agentes erosivos são favorecidos, desencadeando tais processos, que poderão ser lentos ou acelerados, podendo até assumir aspectos catastróficos.

Assim, para a presente pesquisa entende-se como erosão acelerada os processos erosivos desencadeados pelas ações humanas que são evidentes na bacia hidrográfica do ribeirão Alam Grei.

Vários são os agentes desencadeadores dos processos erosivos, todavia, o processo erosivo causado pela ação da água das chuvas, segundo Guerra (2007), tem abrangência em quase toda a superfície da Terra. Contudo, são as áreas de clima tropical que mais sofrem as conseqüências deste processo, já que possuem totais pluviométricos mais elevados do que qualquer outra região climática. Além disso, “em muitas dessas áreas, as chuvas se concentram em certas estações do ano, o que agrava ainda mais a erosão” (GUERRA, 2007, p.17). Entretanto, o autor também concorda com a idéia de que tais processos tendem a se acelerar quando há o desmatamento das terras para a exploração de madeira ou para a produção agrícola, já que os solos ficam desprotegidos da cobertura vegetal, fazendo com que as chuvas incidam diretamente sobre a superfície do terreno.

Boardman (1999, citado por Guerra, 2007, p.15) afirma que a degradação dos solos afeta tanto as terras agrícolas quanto as áreas com vegetação natural e por isso pode ser considerado, dessa forma, um dos mais importantes problemas ambientais atuais. O autor também entende que a principal causa da degradação dos solos está intimamente associada ao avanço da agricultura, visto que o homem não tem sido capaz de associar o desenvolvimento com a conservação dos solos.

Lohmann (2005, p.15) acrescenta que, anualmente, no Brasil, são perdidas em torno de 600 milhões de toneladas de solos agrícolas.

O desafio é compreender os processos responsáveis pela erosão, reconhecendo que esses processos não são meramente físicos, mas também sócio-econômicos. Os solos erodem não apenas porque chove forte, mas porque foram desmatados e cultivados de maneira incorreta. (BOARDMAN, 1999, citado por GUERRA, 2007 p.15).

Para Macagnan (1990, p.3), os solos encontram-se em equilíbrio quando estão protegidos pela vegetação natural, na qual as florestas representam o uso mais eficaz na defesa do solo contra a erosão, “devido à complexidade da cobertura vegetal que ela oferece e à amarração do seu sistema radicular.”A autora afirma ainda que existem outros tipos de uso que garantem uma boa preservação dos solos, basta que este não esteja exposto diretamente a ação das chuvas.

Assim, entende-se que dependendo do tipo de cobertura que o uso da terra oferece ao solo, o processo erosivo ocorrerá com maior ou menor intensidade. “Uma área que apresenta o mesmo tipo de solo, a mesma declividade e recebe a mesma quantidade de chuva, porém, apresenta diferentes tipos de cobertura vegetal, terá diferentes graus de erosão” (MACAGNAN, 1990, p.4)

Para Guerra (2007), para que haja a erosão, ocorre a ação do *splash* ou erosão por salpicamento, sendo este o primeiro estágio do processo erosivo. Este prepara as partículas que compõem o solo para o transporte por meio de escoamento superficial. Esse preparo se dá tanto pela ruptura dos agregados, quebrando-os em tamanhos menores, quanto pela própria ação transportadora que o salpicamento provoca nas partículas dos solos. O papel do *splash* varia de acordo com a resistência do solo ao impacto das gotas de água e com a energia cinética das gotas de chuva.

Quanto à ruptura dos agregados, Guerra (2007, p.21) afirma que este é considerado um dos primeiros fatores no processo de erosão dos solos, pois valendo-se dessa ruptura outros processos se desencadeiam no topo do solo, no sentido de desestabilizá-lo e, conseqüentemente, o processo erosivo começa a ocorrer.

[] a evolução da ruptura dos agregados se inicia com o impacto das gotas de chuva e, uma vez vencida a resistência interna dos agregados à energia cinética dessas gotas, a tendência é que eles se rompam, formando partículas pequenas, ou seja, grãos individuais, que poderão preencher os poros existentes no topo do solo, diminuindo não só a porosidade e aumentando a densidade aparente, mas também dando início ao processo de formação de crostas na superfície do terreno, o que aumentará o escoamento superficial (FARRES, 1978, citado por GUERRA, 2007, p.22).

Segundo Guerra (2007), a matéria orgânica e a argila têm importante papel na estabilidade dos agregados. Estudos feitos por diversos pesquisadores, como Epstein e Grant (1967), De Ploey e Poesen (1985), Imeson e Kwaad (1990), dentre outros, tem demonstrado que à medida que o teor de matéria orgânica diminui, aumenta a instabilidade dos agregados.

Numa segunda fase desse processo, é importante a compreensão do mecanismo de infiltração das águas das chuvas no solo. A água que chega ao solo, diretamente pelo impacto das gotas ou indiretamente, após ser interceptada pela cobertura vegetal, dá origem ao processo erosivo. Vários fatores irão influenciar no processo de infiltração, dentre estes podem ser destacados: as propriedades físicas do solo, características das chuvas, tipo de cobertura vegetal, uso e manejo do solo, características das vertentes e microtopografia da superfície do terreno e a umidade antecedente do solo.

Neste processo, as águas das chuvas que chegam à superfície do terreno, primeiramente irão causar o *splash* e se infiltrarão logo após. Isso faz com que o teor de umidade dos solos aumente, chegando possivelmente ao seu estado de saturação, no qual não mais conseguirá absorver água, dando início ao escoamento superficial.

O fluxo em lençol, segundo o autor citado, é o princípio do escoamento, conhecido também como fluxo laminar, que irá provocar a erosão em lençol ou erosão laminar. Esse tipo de fluxo pode ser compreendido como um fluxo, mais ou menos regular, que desce pela superfície com pequenas irregularidades, e à medida que o fluxo desce a encosta, a concentração de sedimentos e a velocidade das partículas aumentam ao mesmo tempo em que o processo erosivo se estabelece (GUERRA, 2007).

Apesar disso, nesse estágio, a erosão ainda é incipiente, muito localizada e envolve apenas o transporte individual dos grãos que compõem o solo, ou seja, uma vez que detectado o processo erosivo nesse estágio, ainda há grandes possibilidades de se recuperar a área atingida (GUERRA, 2007, p.30).

Já o fluxo linear, segundo o autor, diz respeito ao estágio no qual o fluxo de água começa a se concentrar. À medida que esse fluxo se torna concentrado em canais pequenos, a profundidade do fluxo aumenta e a velocidade diminui, devido ao aumento das rugosidades. Simultaneamente, há uma queda da energia do fluxo, causada pelo movimento de partículas que são transportadas por esses pequenos canais que estão se formando, sendo estes o início das ravinas.

Para Bigarella (2003, p.884), a erosão hídrica age de duas formas distintas. A primeira é quando a água atinge o solo na superfície, desagregando-o, facilitando assim o transporte

das partículas menores. Na segunda, a ação das águas ocorre também em subsuperfície, numa determinada porção do perfil, isto é, afetando uma massa de material inconsolidado. Para o autor, a água da chuva, após impactar o solo, pode evaporar, infiltrar, ficar na superfície do solo ou escoar. “A evaporação é menos significativa em clima úmido, ao passo que a infiltração, regulada pela permeabilidade, desempenha um papel importante na água que resta e escoar na superfície do terreno” (BIGARELLA, 2003, p.890).

De acordo com o autor, a infiltração constitui o processo pelo qual a água de superfície penetra no solo, sendo controlada por diversos fatores, dentre os quais se destacam a frequência e a intensidade da precipitação, a estrutura do solo, a declividade do terreno, o tipo de cultivo agrícola e a vegetação. Dentre esses fatores, a porosidade, uma das propriedades do solo, segundo o autor, é a mais importante, já que representa os espaços vazios do solo pelo qual a água irá passar. A porosidade pode ser reduzida pelo efeito da compactação causado pelo uso de máquinas agrícolas e também pela selagem da superfície do solo, provocada pelo salpicamento resultante do impacto das gotas de chuva que fragmentam os agregados do solo que, conseqüentemente, por meio dessas partículas, passam a obstruir a porosidade deste.

Ainda em relação à infiltração das águas no solo, Bigarella (2003, p.887) afirma que sua capacidade varia durante o decorrer da chuva, sendo que sua velocidade é mais rápida no início, diminuindo com o transcorrer do tempo até tornar-se constante.

Quando a taxa de precipitação excede a capacidade de infiltração, a água começa a se acumular na superfície do solo para iniciar o escoamento. O processo de infiltração, [] é de grande importância prática, pois sua taxa ou velocidade muitas vezes determina o deflúvio superficial (*runoff*) responsável pela erosão pluvial (BIGARELLA, 2003, p.887).

Bigarella (2003, p.890) acrescenta que a capacidade de infiltração fica bastante reduzida pela saturação do solo, fazendo com que a água se acumule nas pequenas depressões da superfície, que posteriormente irá originar uma lâmina fina de água, a qual passa a fluir após ultrapassar uma espessura maior. No início deste processo, não há energia suficiente para haver o desprendimento e o transporte das partículas de solo, porém, esta vai aumentando vertente abaixo onde começa promover os efeitos erosivos. Este potencial erosivo, segundo o autor, é intensificado pelo aumento do comprimento da vertente e de maiores declives.

O escoamento superficial ou *runoff* pode apresentar-se sob a forma de escoamento laminar ou lençol, escoamento em filetes, torrente em lençol, escoamento em ravina e torrente

localizada. No primeiro, a água escoar como uma lâmina sobre o solo, no qual a presença de alterações ou obstáculos na vertente pode mudar o sentido do escoamento.

O segundo tipo de escoamento superficial refere-se ao escoamento superficial em filetes, no qual operam conjuntos de filetes de água extremamente anastomosados, os quais contornam os menores obstáculos, como coloca o autor citado. Estes se desenvolvem principalmente em declives fracos.

De acordo com as formas de escoamento superficial, aliado a demais fatores, a erosão hídrica do solo atuará de diversas formas. Uma destas diz respeito à erosão superficial laminar, que depende da ação das precipitações e do escoamento superficial difuso. Nesta ocorre a remoção progressiva e sucessiva de películas do solo, afetando as partículas mais finas deste. “Os microrrelevos da superfície do solo, sofrendo a ação do escoamento, originam turbulências que causam o ataque lateral das microformas” (BIGARELLA, 2003, p.921). Essa forma de erosão é altamente danosa por ser difícil detectá-la em tempo.

Outra forma de erosão diz respeito à erosão em filete, que consiste basicamente no arraste de partículas de solo pela água, seguindo pequenas ranhuras e sulcos perpendiculares às curvas de nível. “O escoamento anteriormente laminar passa a se concentrar em filetes líquidos com velocidades capazes de promover uma ação erosiva com incisão no solo, originando freqüentemente um padrão dendrítico de filetes” (BIGARELLA, 2003, p.922).

Este tipo de erosão, segundo o autor citado, depende, sobretudo, das feições do microrrelevo do terreno, onde os pequenos obstáculos encontrados na superfície, como fenoclastos (seixos) e tufo isolados de vegetação, irão dividir o fluxo laminar de água, provocando à jusante um pequeno turbilhamento que escava uma pequena depressão.

Esta se alonga originando uma incisão que passa a progredir tanto para jusante como para montante do obstáculo. Dessa maneira, o fluxo laminar transforma-se transicionalmente em escoamento em filetes. Pela dinâmica erosiva, a cabeceira de um filete migra vertente acima enquanto existir capacidade de arrastar os detritos clásticos. Filetes paralelos formados numa superfície recém elaborada desenvolvem uma rede de ramificações com a destruição dos divisores iniciais, permitindo que um filete passe a coalescer com o outro, aumentando para jusante o espaçamento entre os vários filetes. A captura de numerosos filetes menores pode dar origem a um canal permanente (BIGARELLA, 2003, p.922)

A terceira forma de erosão, mencionada pelo autor, refere-se aos fluxos concentrados. Este tende a dissecar o terreno verticalmente, agindo de maneira conjunta com outros fatores, como à natureza do subsolo e a água subterrânea.

No início, o autor afirma que o escoamento superficial apresenta-se, geralmente, na forma laminar difusa, que ao encontrar-se com irregularidades na superfície divide o fluxo em filetes com padrão anastomosado. Estes, por sua vez, irão originar ranhuras e pequenos sulcos. Desta forma, conclui-se que os sulcos de erosão formam-se onde surgem os filetes de água originados pelos obstáculos do terreno, e também pelas características do solo que podem ser mais ou menos susceptíveis à formação destes. Os sulcos vão se aprofundando à medida que o fluxo do escoamento concentrado aumenta de velocidade, arrancando maior número de partículas e arrastando-as vertente abaixo.

Com o aumento do tamanho, os pequenos sulcos transformam-se, conforme coloca Bigarella (2003, p.923), em valas de erosão ou *gully* e em ravinas de dimensões maiores. De acordo com o U.S. Soil Conservation Service (1966, citado por Bigarella, 2003, p.923), a erosão em ravina “consiste na remoção, a montante, de solos e materiais alterados, com a formação de canais pelo fluxo concentrado. O canal formado dessa maneira é classificado como ravina, quando ele não pode ser obliterado por operações normais de preparo do solo”.

O autor afirma que a erosão em ranhuras, sulcos e ravinas é característica das superfícies desprovidas de vegetação, onde houve o desmatamento, ou em áreas pouco vegetadas. São estas as terras de agricultura, áreas que sofreram a ação das queimadas, áreas de pastoreio ou de expansão agrícola, ou áreas onde a vegetação foi seriamente perturbada ou eliminada.

Christofoletti (1974, p.24) afirma que o primeiro impacto erosivo dos solos é propiciado pela ação mecânica das gotas de chuva, que promove o arrancamento e deslocamento das partículas terrosas. Essa ação mecânica é exercida pela energia cinética das gotas, variável de acordo com o tamanho e a velocidade das mesmas.

Segundo o autor citado, o impacto das gotas de chuva provoca a movimentação das partículas de forma inconstante, conhecido como saltitação ou *splash*, sendo as areias finas as mais susceptíveis de serem transportadas pelo *splash*, podendo ser lançadas a 1,50m de distância. Todavia, o autor afirma que o processo de transporte mais importante é o escoamento pluvial, que se inicia quando a quantidade de água precipitada é maior que a velocidade de infiltração.

Christofoletti (1974, p.25) aponta dois tipos de escoamento, um *difuso* e outro *concentrado*. No primeiro, as águas escorrem sem hierarquia e fixação dos leitos, anastomosando-se constantemente. Já no segundo há a concentração das águas, fazendo com que haja maior competência erosiva, fixando o leito, deixando marcas sensíveis na superfície topográfica, como sulcos e ravinas.

Outra concepção do escoamento superficial encontra-se em Penteado (1978, p.102), onde a autora afirma haver um escoamento difuso e outro em lençol. O primeiro consiste em um conjunto de filetes de água, “contornando os mínimos obstáculos, anastomosando-se infinitamente, e carregando-se de partículas finas. O fluxo está sempre carregado quase até o limite de saturação, por isso a ação erosiva é fraca, e se faz no sentido lateral e não no vertical.”

Quanto ao escoamento em lençol, a autora afirma ser este:

Uma onda de água carregada de detritos, rolando, inicialmente, com maior velocidade, depois mais lento e mais desigual, numa espessura de 20 a 25 cm em média e largura de vários quilômetros, esgotando-se de montante para jusante. A duração é muito curta. Em poucos minutos o solo está seco. Observa-se um canal encaixado a montante, depois uma multidão de regos divergentes e anastomosados e um cone de detritos a jusante. (McGEE, citado por PENTEADO, 1978, p.103)

Cunha (1997) afirma que a erosão se inicia pelo impacto da água no terreno, provocando a desagregação de suas partículas. O escoamento superficial ou laminar intensifica este impacto quando este tem energia suficiente para propiciar o arraste das partículas liberadas, transportando-as sem formar canais definidos. A autora coloca também que em contrapartida “a erosão linear ocorre por concentração de fluxos d’água em caminhos preferenciais, arrastando partículas e esculpindo sulcos”, estes podem evoluir para ravinas e voçorocas, quando o entalhamento permite o afloramento do lençol freático. (CUNHA, 1997, p.1)

A autora afirma também que, atualmente, não se pode excluir a ação antrópica da análise dos processos erosivos, já que este é o responsável pela dinamização de tais processos.

[] iniciada no momento em que o material é fragilizado propiciando a dinamização da força de cisalhamento ante a força de coesão, criando condições para que qualquer agente, incluindo-se aí o homem, auxiliado pelo estímulo da força de gravidade, promove o deslocamento deste material até o nível de base mais próximo. (CUNHA, 1997, p.54)

Bertoni e Lombardi Neto (1990) definem a erosão como o processo de desprendimento e arraste acelerado das partículas do solo pela ação da água e do vento. Todavia, os mesmos autores afirmam que a luta do homem contra a erosão é tão antiga quanto a própria agricultura, luta esta que se iniciou quando o homem substituiu o nomadismo pelo

sistema fixo de vida e assim houve a necessidade de intensificar o uso da terra, levando a destruição da cobertura de superfície e acarretando a exposição do solo às forças erosivas.

Constata-se, desta forma, que a problemática da erosão dos solos é complexa, dado aos vários fatores responsáveis pelo seu desenvolvimento. Todavia, é notável entre os vários autores citados a ação de dois agentes no desencadeamento dos processos erosivos, sendo um físico e outro antrópico. Entende-se aqui que a erosão dos solos é um processo físico natural que, em condições normais do sistema natural, onde este não tenha tido sua vegetação original degradada, age de forma não danosa aos solos.

Contudo, a ação antrópica sobre os sistemas naturais, principalmente a retirada das matas para o uso agrícola, intensifica a ação destes processos, já que os solos passam a ser desprotegidos, possibilitando a ação mais rápida e intensa dos fatores responsáveis pela erosão. Este fato se faz notável na área de estudo da presente pesquisa, a qual apresenta um uso da terra agropecuário intenso, o que vem gerando feições no relevo que denunciam a atuação de processos erosivos por toda sua extensão, como constatado *in loco*.

Assim, na presente pesquisa, a ação do homem sobre os sistemas naturais será considerada dentro do mecanismo dos processos erosivos, visto que, atualmente, o homem é o maior responsável pelo desencadeamento destes, já que não respeita em suas ações de uso e ocupação o grau de capacidade de suporte dos sistemas naturais.

Diante do exposto, como afirma Salomão (2007, p. 229), várias abordagens têm sido utilizadas para o estudo dos processos erosivos. Em geral, a autora afirma que as abordagens distinguem-se entre as que procuram realizar a quantificação das perdas de solo por erosão e as que buscam a avaliação qualitativa do comportamento erosivo dos terrenos.

Cunha (1997) afirma que esta quantificação tem sido realizada em especial por meio de dois processos: um indutivo, representado pela realização de experimentos, e outro dedutivo, representado pelos modelos. Todavia, tais processos são dependentes um do outro e se complementam. Os experimentos caracterizam-se pelo controle de uma ou mais variáveis que ocorrem livremente no meio natural. Já os modelos, além de serem gerados valendo-se dos experimentos e, portanto, apresentarem as mesmas limitações destes, pela sua própria natureza, são abstrações da realidade, necessitando então de constantes aperfeiçoamentos.

Segundo Gameiro (2003), a utilização de modelos matemáticos para avaliar as perdas de solo de uma área cultivada vem se tornando uma prática de grande utilidade para o planejador conservacionista e para os estudos ambientais.

Neste contexto, a Equação Universal de Perdas do Solo (USLE – *Universal Soil Loss Equation*) ou EUPS, como é conhecida no Brasil, constitui-se em um dos modelos mais

antigo e utilizado em diversas partes do globo para quantificar perdas de solo por erosão, surgida da compilação de modelos anteriores.

Segundo Gameiro (2003), o desenvolvimento de equações para calcular a perda de solos começou por volta de 1940 no Corn Belt, Estados Unidos. O processo para estimar perda de solo nesta região, entre 1940 e 1956, era conhecido como o método do plantio em declives. Todavia, o modelo EUPS, em sua forma original, foi desenvolvido no National Runoff and Soil Loss Data Center, estabelecido em 1954 pela administração da educação e ciência do Agricultural Research Service, dos Estados Unidos, em cooperação com a Universidade de Purdue, conforme afirmam Wischmeier e Smith (1978).

Os autores citados definem a EUPS como um modelo erosivo, projetado para estimar perdas de solo por escoamento superficial de longo prazo, em uma área específica, com determinados sistemas de cultivo e gerenciamento. Esta vem, ao longo dos anos, sofrendo várias adaptações a fim de melhorar sua aplicabilidade e também a sua complementação, com incorporação de novos parâmetros ou reformulações dos que já existem, a fim de torná-los mais eficazes. Além disso, LAL (1990, citado por Cunha, 1997, p.63) enfatiza que a EUPS sofre várias adaptações com o intuito de se tornar mais condizente às características físicas de cada continente onde esta é aplicada.

Prochnow et al, (2005, p.1) também concorda que a quantificação dos fatores envolvidos na modelagem de erosão é extremamente necessária, já que esta visa o planejamento do uso da terra, permitindo, dentre outros, a comparação das perdas efetivas de terra com a tolerância de perda permitida. Todavia, o autor também concorda que, posteriormente à modelagem, é necessário validar o modelo de acordo com as características de cada local e das condições edafoclimáticas.

A EUPS envolve dois conjuntos de fatores (naturais e antrópicos), que pelo processo multiplicativo entre estes, resulta numa perda anual de solos, por unidade de área (ton./ha./ano). Esta equação, dada sua abrangência quanto aos aspectos ambientais e sua estreita relação com os aspectos de uso e ocupação da terra, tem sido utilizada como base para estudos em diferentes escalas, com as mais variadas finalidades, como: quantificação de perdas de solo e água, estimativa de erosão e seus impactos, diagnóstico ambiental, índice de vida de solos, simulação de cenários ambientais, avaliação de fragilidade de terras, dentre outras.

A Equação Universal de Perdas de Solo, como apresentada por Wischmeier e Smith (1965), é expressa da seguinte forma: $A = R.K.LS.C.P$, onde A é a perda de solos, R é a

erosividade da chuva, K é a erodibilidade do solo, LS é o fator topográfico, C é uso e manejo da terra e P são as práticas conservacionistas.

A utilização dessa fórmula é feita para parcelas de terra compatíveis com os usos agrícolas correntes, onde se tem o terreno subdividido por culturas e práticas de manejo e conservação, considerando-se, então, uma perda de solos contínua para essas pequenas áreas. Contudo, ao longo de uma encosta ocorrem erosão e deposição simultaneamente, além da influência da própria erosão fluvial, o que limita o uso da Equação para áreas maiores que as de uso agrícola. (STEIN et al, 1987, p. 107)

Os fatores naturais contemplados pela EUPS são representados pela erodibilidade dos solos (K), erosividade das chuvas (R) comprimento de rampa (L) e declividade da rampa (S), fatores estes que consubstanciam a definição do potencial natural à erosão laminar. Já os fatores antrópicos contemplados pela equação são representados pelo uso e manejo do solo (C) e as práticas conservacionistas (P).

Stein et al (1987), em pesquisa realizada na Bacia do Peixe – Paranapanema, no Estado de São Paulo, chegaram à conclusão de que existe uma clara correspondência entre os valores do fator topográfico com os diferentes sistemas de relevo apresentados no Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. Assim, pode-se afirmar que, de maneira geral, altos valores de LS correspondem a relevos mais enérgicos, enquanto que relevos mais suaves originam valores baixos e médios de LS.

Quanto ao potencial natural à erosão laminar, que corresponde às estimativas de perda de solo em áreas continuamente destituídas de cobertura vegetal e sem qualquer intervenção antrópica, os autores afirmam que são evidentes as inter-relações deste com o solo e com o relevo, ressaltando a importância do fator K e do fator S.

A grandeza e a distribuição em área do potencial natural destacam um controle mais efetivo por parte da declividade (S) e da erodibilidade (K), relativamente ao comprimento de rampa (L) e à erosividade (R). (STEIN et al, 1987, p. 117)

Dentre os fatores naturais, o relevo é avaliado pelo fator topográfico (LS). Para Wischmeier e Smith (1978), tanto o comprimento do declive como o seu gradiente afetam a intensidade de erosão pela água. Desta forma, propuseram a seguinte equação para o cálculo do fator LS: $LS = ((L^{1/2})/100) * (1,36 + 0,97 S + 0,1385 S^2)$, onde L é o comprimento de rampa em metros e S é o declive em porcentagem.

Segundo Bertoni e Lombardi Neto (1985), o fator topográfico representa a relação esperada de perdas de solo por unidade de área em um declive qualquer em relação às perdas de solo correspondentes em uma parcela unitária de 25 m de comprimento com 9% de declive. Estas medidas de comparação são usadas em virtude de tratar-se das medidas utilizadas em parcelas experimentais do Instituto Agronômico de Campinas (SP).

Assim, os autores citados apresentaram a seguinte equação para a obtenção do fator topográfico (LS):

$$LS = 0,00984 \cdot C^{0,63} \cdot D^{1,18}$$

Onde: LS = Fator Topográfico; C = Comprimento de rampa em metros; D = Grau de declividade em %.

Para obter a equação acima, os autores utilizaram uma fórmula que relaciona as perdas de solo para cada fator individualmente (L e S), sob condições padronizadas para os principais solos do Estado de São Paulo. Foram observados, em um intervalo de dez anos, talhões experimentais com diferentes graus de declividade e comprimento de rampa. Assim, esta é a proposta utilizada na presente pesquisa por ter como base dados que se aproximam mais da área pesquisada.

Quanto ao fator R, Stein et al (1987) afirmam que o conceito de erosividade corresponde às perdas por erosão em decorrência das chuvas, em um solo perfeitamente uniforme, onde o comprimento de rampa e a declividade, e também a cobertura vegetal, devem ser padronizados. Assim, os autores utilizaram a seguinte fórmula para o cálculo do fator R, segundo a proposta de Lombardi Neto (1977): $EI = 6,866 (p^2 / P)^{0,85}$, onde EI é o índice médio de erosividade por um período anual, p é a precipitação média mensal e P é a precipitação média anual.

Wischmeier & Smith (1978) afirmam que o valor numérico usado para a erosividade da chuva na Equação Universal de Perdas de Solo deve quantificar o efeito do impacto das gotas de chuva e também prover informações sobre a soma e a taxa de escoamento que pode ser associada com a chuva. Os autores citados apresentaram a seguinte fórmula para o cálculo deste fator: $EI_{30} = (0,119 + 0,073 \log_{10} I) I_{30}$.

Já para Bertoni e Lombardi Neto (1993, p. 250), “o fator chuva (R) é um índice numérico que expressa a capacidade de chuva, esperada em uma dada localidade, de causar erosão em uma área sem proteção”. Segundo os autores, duas características principais influem no cálculo desse índice: a energia cinética total da chuva e sua intensidade máxima em trinta minutos. Todavia, por esses dados serem difíceis de obter, Lombardi Neto (1977)

estimou o índice de erosividade médio mensal no Município de Campinas (SP) por meio de um coeficiente de chuva, utilizando apenas registros pluviométricos e a seguinte equação:

$$Rc = Pm^2/Pa$$

Onde: Rc indica o coeficiente de chuva; Pm, a precipitação pluviométrica média mensal e Pa refere-se à precipitação pluviométrica média anual, em mm, resultando na seguinte equação:

$$El_{30} = 67,414Rc^{0,850}$$

Sendo El_{30} a estimativa (por meio da equação de ajuste) do índice de erosividade médio mensal, em $Mj\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}$. Portanto, como afirma Moreti et al (2003), pode-se deduzir que para uma localidade com uma distribuição de chuva semelhante à de Campinas, com uma série pluviométrica contínua de, no mínimo, 20 anos, tal equação pode estimar com boa aproximação os valores médios mensais do El_{30} , usando-se apenas dados de quantidade de chuva, isto é, dados pluviométricos.

Posteriormente, inúmeras equações foram usadas com o mesmo objetivo, a partir da equação de Lombardi Neto (1977), tanto para outras localidades paulistas, como para o resto do país. Na presente pesquisa será utilizada a equação apresentada por Lombardi Neto e Moldenhauer, já que a mesma já foi testada por Cunha (1997) para áreas próximas a da atual pesquisa, que apresentam um regime pluviométrico semelhantes:

$$El = 67,355 (R^2/p)^{0,85}$$

Onde:

El = média mensal do índice de erosão (MJ.mm/h./L);

R = precipitação média mensal em milímetros;

p = precipitação média anual em milímetros.

Quanto ao fator erodibilidade dos solos (K), Bertol et al (2007), afirma que a este significa sua suscetibilidade natural à erosão hídrica, expressa como a quantidade de solo perdido por unidade de erosividade da chuva e seus valores são utilizados, entre outros aspectos, para estabelecer uma escala de suscetibilidade natural dos solos à erosão hídrica.

Stein et al (1987, p.110) coloca que o fator K pode ser compreendido como o índice relativo às propriedades inerentes ao solo, e que reflete a sua suscetibilidade à erosão. Bertoni e Lombardi Neto (1985) afirmam que a erodibilidade dos solos é a recíproca de sua resistência à erosão.

Cecílio (2004) afirma que o fator K tem seu valor determinado experimentalmente em parcelas unitárias, sendo expressa como a perda de solo (Pu) por unidade de índice de erosão

da chuva (R). Medidas do valor de K são custosas e requerem muitos anos de determinações, além de ser difícil isolar os efeitos de solo de outros fatores.

Segundo o autor, existem três maneiras de se determinar a erodibilidade do solo. A primeira envolve a determinação do fator K em condições de campo, sob chuva natural, a qual é onerosa e muito demorada. O segundo método é semelhante ao primeiro, porém baseia-se na quantificação do fator K em razão das perdas de solo e do fator erosividade, sob condições de chuva simulada. O terceiro método baseia-se em regressões múltiplas que contenham como variáveis independentes atributos do solo correlacionados com o fator K obtido pelos dois métodos anteriores, tidos como padrões.

Bertol et al (2007) afirma que inúmeros são os trabalhos desenvolvidos no Brasil, a fim de obter técnicas para se realizar o cálculo e a estimativa da erodibilidade dos solos nacionais. Constata-se, por estes trabalhos, que há uma grande variação de valores de K, dependendo do tipo de solo, da condição climática característica de cada local e do método de obtenção. Todavia, apesar dos valores reais de erodibilidade possuírem variações, de acordo com os métodos adotados, verifica-se que a hierarquia destes apresenta o mesmo padrão em todos os estudos.

Tavares e Vitte (1993) atentam para a questão que em estudos de bacias hidrográficas, onde haja centenas de quilômetros quadrados, a determinação no campo de K é quase impossível. Assim, Wishmeier, Johnson e Cross (1971, citado por Tavares e Vitte, 1993), propuseram processos indiretos para se obter a erodibilidade do solo, avaliando propriedades como porcentagem de matéria orgânica, porcentagem de silte + areia muito fina, porcentagem de areia, classe de permeabilidade e tipo de estrutura, a fim de viabilizar este tipo de pesquisa.

Costa (2005), na obtenção desses valores, se baseou na proposta de Bertoni e Lombardi Neto (1975), que estudaram perfis de solos com horizonte B textural e B latossólico para determinação da erodibilidade de acordo com o método de Middleton, que se baseia nas propriedades físicas do solo. De acordo com a autora citada, os trabalhos realizados no estado de São Paulo geralmente se utilizam dos valores obtidos neste estudo, com algumas modificações.

Veneziani Júnior (2004) utilizou a proposta de Bertoni e Lombardi Neto (1990, citado por Veneziani Jr., 2004), na qual os autores afirmam que as propriedades do solo que influenciam na erodibilidade são a velocidade de infiltração e a resistência às forças de dispersão. Neste, o valor da erodibilidade é expressa em perda de solo (A) por unidade de erosão da chuva (EI).

Bueno (1994) estimou os valores de erodibilidade do solo tomando como referência as seguintes propriedades do solo: argila natural, argila dispersa e umidade equivalente. O índice de erodibilidade do solo foi considerado como sendo a razão entre a relação de dispersão e a relação argila dispersa/umidade equivalente, entendendo-se por relação de dispersão a relação do teor de argila natural/teor de argila dispersa. A seguir, foram atribuídos os valores de erodibilidade para cada tipo de solo, como baixa (0,0122 a 0,0223), média (0,0250 a 0,0347) e alta (0,0350 a 0,0490).

Na presente pesquisa optou-se por utilizar os valores obtidos por Bueno (1994), já que as classes de solos pesquisados pela autora citada possuem um maior detalhamento, condizentes com os encontrados na presente área de pesquisa.

Já o fator uso e manejo do solo (C), segundo Bertoni e Lombardi Neto (1985), é a relação esperada entre as perdas de solo de um terreno cultivado em dadas condições e as perdas correspondentes de um terreno mantido continuamente descoberto e cultivado, isto é, com rotações de cultura. Quanto ao fator práticas conservacionistas (P), este é tido como a relação entre a intensidade esperada de perdas com determinada prática conservacionista e aquelas quando a cultura está plantada no sentido do declive.

Para Cecílio (2004), este talvez seja o fator mais importante da EUPS por representar as condições que podem ser mais facilmente modificadas a fim de controlar a erosão do solo.

Segundo Prochnow et al (2005, p.2), o fator C, para determinada cultura, é o somatório da razão de perda de terra (RPT) pela fração do índice de erosividade (FEI_{30}) de cada estágio da cultura. “A RPT é o quociente da perda de terra ocorrida em determinado sistema de manejo pela ocorrida num solo sem cultura e descoberto, variando, portanto, de zero a um.” A FEI_{30} também varia de zero a um, significando a percentagem do índice de erosividade que produziu a erosão utilizada no cálculo da respectiva RPT dentro de cada estágio. Desta forma, o fator C da EUPS varia de zero a um, aproximando-se de zero, nos sistemas de manejo conservacionistas, e de um, nos sistemas não-conservacionistas.

Prochnow et al (2005) coloca ainda que em razão das muitas possibilidades de combinações de erosividade, cultura, sistemas de cultivo, tipos de preparo e tipos de solo, há dificuldades na determinação do fator C, já que este varia de acordo com a erosividade e com a erodibilidade, para cada cultivo e tipos de manejo.

Quanto às práticas conservacionistas, segundo Bertoni e Lombardi Neto (1985), existem quatro tipos principais, a saber: plantio morro baixo, plantio em contorno, alternância de capina + plantio em contorno e cordões de vegetação permanente. Estas mesmas categorias

também são utilizadas por Stein et al (1987). Estes autores analisam conjuntamente os fatores C e P por se tratarem de dois fatores que mantêm estreita relação entre si.

Na presente pesquisa foram utilizados os valores de CP, de acordo com a proposta de Stein et al (1987), por haver um maior nível de detalhe apresentado pelos autores quanto aos tipos de cultivos e manejo do solo do que os apresentados por Donzelli et al (1992). Além disso, estes se assemelham mais com os tipos de uso encontrados na presente área de pesquisa.

Com relação à aplicação da EUPS em sua totalidade, alguns autores têm feito avaliações importantes sobre as possibilidades técnicas e resultados obtidos mediante o uso deste modelo.

Fernandez (1996) coloca que uma linha de pesquisa tem sido gerar mapas de estimativas de erosão em ambientes de sistemas de informações geográficas, usando dados de sensoriamento remoto, tendo a EUPS como modelo integrador. Contudo, o autor afirma que esta modelagem não tem fornecido dados suficientemente confiáveis para se tornarem recomendações técnicas de imediato. Para o autor, a EUPS “deve ser ainda melhor estudada antes de poder gerar modelos bidimensionais claros, objetivos, concisos e coerentes, que representem a realidade com o rigor necessário”. (FERNANDEZ, 1996, p.2)

Segundo o autor já citado, uma grande limitação da EUPS está no mapeamento dos fatores antrópicos, já que os dados de sensoriamento remoto, quer sejam imagens orbitais ou fotografias aéreas, não são suficientes para determinar com rigor as rotações culturais, visto o aspecto momentâneo das culturas, contra o aspecto de longo prazo de uma rotação cultural.

A dinâmica agrícola é muito acelerada, tornando necessário o uso de dados detalhados de campo para que se possa definir bem as classes de rotação. Isto torna o processo de estimação oneroso, levantando a necessidade de buscar um meio termo, onde o detalhamento seja suficiente e o custo aceitável. (FERNANDEZ, 1996,p.3).

Costa (2005) também comenta que a EUPS apresenta limitações, já que em estudos regionais de erosão (escalas pequenas), os valores numéricos não podem ser tomados como dados reais de erosão, servindo tão somente para categorizar qualitativamente as áreas quanto a sua maior ou menor susceptibilidade à erosão laminar, podendo demarcá-las em mapas de suscetibilidades (IPT, 1986, citado por COSTA, 2005).

Pinto (1991) propôs um procedimento metodológico para o estudo da erosão do solo por meio do modelo EUPS, utilizando-se de dados de sensoriamento remoto (fotografias aéreas, imagens TM/LANDSAT e HRV/SPOT) e do processamento destes por um Sistema

de Informação Geográfica – SITIM/SGI – INPE, no qual todos os dados foram integrados, resultando numa estimativa do potencial natural de erosão. O autor também define um índice de criticidade que é representado pela seguinte equação:

$IC = A/At$, onde:

A = Índice de estimativa de perda por erosão (EUPS) e,

At = Níveis de perdas toleráveis de acordo com as classes de solo.

Araújo Jr. (2003) procurou desenvolver uma metodologia que utilizasse o geoprocessamento como suporte à aplicação dos modelos EUPS e MUSLE. Esta permitiu também a comparação dos resultados entre estes dois modelos.

A MUSLE (Modified Universal Soil Loss Equation), conforme cita Costa (2005), é uma modificação da USLE, realizada por Willians em 1975, com o objetivo de criar um modelo para prever o aporte de sedimentos em bacias hidrográficas. Trata-se da equação MUSLE, que utiliza os mesmos fatores da EUPS, com exceção do fator R – erosividade da chuva -, o qual foi substituído por fatores que contemplam os processos hidrológicos da Bacia. A MUSLE é descrita por: $Y = 89,6 (Q*qp)^{0,56} KLSCP$, onde Y representa o aporte de sedimentos em determinado exutório da Bacia após evento chuvoso, Q é o valor do volume de escoamento superficial em m^3 e qp é a vazão – pico em m^3 .

Porém, conforme afirma Costa (2005), o trabalho com a MUSLE necessita de dados hidrológicos para a obtenção da estimativa do aporte de sedimentos, que são de difícil obtenção. Dessa forma, nesta pesquisa, devido às limitações dos dados pluviométricos, fez-se a opção por trabalhar ainda com o modelo original.

Bigarella (2003, p.896), ao se referir à EUPS, diz que esta não apresenta dados precisos, em virtude da grande variabilidade de tipos de solos existentes, o que torna seus valores generalizados pelos pesquisadores que a utilizam.

Várias são as limitações e restrições impostas à EUPS, como afirma Ranieri et al (1998, citado por Araújo, 2006), todavia, esta continua sendo o principal modelo aplicado em estudos de erosão de microbacias. Como afirma Colângelo (1990, p.26):

Os modelos, embora representem uma etapa avançada em relação ao trabalho experimental, não são, contudo um produto acabado, definitivo. Continuamente testados, sofrem correções ou adições que os aperfeiçoam, aumentando seu rigor e abrangência, ou seja: sua probabilidade e amplitude de aplicação.

Chorley (1967) também afirma que apesar dos modelos apresentarem uma estruturação simplificada da realidade, estes são construídos a partir de características consideradas fundamentais desta realidade. Assim, a presente pesquisa visa a aplicação do modelo EUPS na bacia hidrográfica do ribeirão Alam Grei, a fim de espacializar as perdas de solo nesta bacia e, dessa maneira, verificar onde estas são mais intensas, comparando seus resultados com os dados adquiridos pelos pinos de erosão. Acredita-se que desta forma será possível uma melhor avaliação dos resultados.

Além disso, esta análise será realizada em três períodos distintos, com a intenção de analisar como o dinamismo do uso e ocupação da terra ao longo de trinta e quatro anos se correlaciona com o desencadeamento dos processos erosivos na bacia.

2.1– Os Pinos de Erosão

Guerra (2005), ao falar sobre a importância dos experimentos e monitoramentos, diz que “tem sido através dessas técnicas que o campo de conhecimento relativo aos processos erosivos tem tido um grande avanço”.

O autor aponta também algumas características e princípios que, segundo ele, devem ser levados em conta pelo pesquisador quando da instalação de uma estação experimental. Dentre estas, o autor menciona que as parcelas devem ter largura e comprimento iguais, para que seja possível a comparação entre elas; que devem ser separadas por madeira, ferro galvanizado, pequenas muretas ou algum outro tipo de material; as coletas de água e sedimentos devem ser diárias, se possível, ou pelo menos semanais. Essas, segundo o autor, são apenas algumas regras gerais, mas dependendo do local e dos objetivos da estação experimental, outros princípios podem ser adotados.

Outra observação feita pelo autor é que as estações experimentais devem ocupar segmentos das encostas onde não haja muita rugosidade do terreno, caso contrário, fica muito difícil sua montagem, bem como sua manutenção. Além disso, deve ser observado que após sua instalação, é preciso haver a proteção das parcelas para que não haja o pisoteio, tanto de animais, como dos homens.

Os pinos de erosão (*erosion pins*) são, de acordo com Guerra (1996, p.149), “um dos métodos simples e eficientes de demonstrar a erosão dos solos”. Segundo o autor, vários pesquisadores propõem diferentes formas de monitorar esses processos, que devem ser realizados de acordo com os objetivos da pesquisa.

De Ploey e Gabriel (1980) indicam que o pesquisador deve escolher uma encosta, de preferência sem cobertura vegetal, cravando os pinos no solo. Os pinos devem ser numerados, sendo constituídos por vergalhões ou pregos. Tudo deverá ser plotado em um diagrama para se saber exatamente a sua distribuição espacial. O monitoramento dos pinos deve ser realizado, de preferência, após um evento chuvoso, onde se deve medir o quanto o pino está exposto em relação ao solo, medidas estas que devem ser em milímetros.

Esses pinos devem estar enterrados no solo a 10 centímetros ou mais, de preferência em encostas onde não haja passagem de animais e pessoas, ou então, a área deve ser cercada para que não haja nenhum tipo de perturbação. Após um tempo determinado (um ou dois anos, por exemplo), é possível verificar a taxa de rebaixamento do solo pelos pinos instalados e monitorados (pelo menos uns 50 pinos numa porção da encosta é aconselhável). Além do rebaixamento, se a densidade aparente do solo for determinada, é possível estimar com um razoável grau de precisão a perda de solo, em toneladas por hectare. (GUERRA,2005,p.34)

Ao final do período de monitoramento será possível estimar a perda de solo em valores médios e também distinguir quais porções da vertente monitorada sofreram maiores perdas, bem como as partes que sofreram pouca ou nenhuma erosão.

Todavia, os pinos de erosão devem ser instalados e monitorados de acordo com as necessidades do pesquisador, que irá avaliar a técnica mais adequada, segundo seus objetivos.

Pessoa (2007) fez uso dos pinos de erosão para a determinação das taxas de erosão hídrica em 60 pontos de coleta de sua área de estudo. A autora afirma que os pinos de erosão possibilitam avaliar a mudança de nível da superfície do solo, por meio de medidas periódicas do nível da superfície por um conjunto de pinos. Os pinos foram constituídos de vergalhões de ferro com 10 cm de comprimento, enterrados no solo até uma marca de 8 cm, ficando apenas 2 cm acima da superfície. O monitoramento consistiu em medição, com auxílio de paquímetro, da camada removida ou depositada de cada pino, 12 meses após sua instalação.

Souza Filho et al (2002) realizaram o monitoramento da erosão marginal do rio Paraná ao longo de 80 quilômetros, por meio da combinação do método dos pinos e do método de perfilagens sucessivas, durante os anos de 2000 e 2001.

Silva et al (2007) fizeram uso dos pinos de erosão para avaliar a instabilidade das margens do rio Paraguai, no município de Cáceres – MT, em três diferentes compartimentos morfológicos. Esses pinos foram instalados na margem côncava do rio, distribuídos em duas colunas. O número de pinos variou de 2 a 4 pinos por coluna, sendo colocados a partir do

topo, em intervalos de 30 cm com distância de 2 m entre cada coluna. Os pinos eram de aço e mediam 50 cm de comprimento e 5,16 mm de diâmetro, sendo deixados expostos 10 cm pintados de branco, para melhor identificação.

Arruda et al (2004) procuraram estimar a perda de solo pela variação da superfície referenciada em pinos metálicos, assim como avaliar sua relação com os processos erosivos e com as propriedades físicas do solo e o carbono orgânico no solo, resultado da exploração de petróleo e gás natural, numa área localizada do município de Coari – AM. Este estudo foi realizado em 30 parcelas (jazidas e clareiras) com diferentes tipos de cobertura da terra, gradientes topográficos e comprimentos de rampas. Cada parcela possui área de 225 m² (10,0 m x 22,5 m). Em cada uma foram instalados 50 pinos metálicos de 1,0 m de comprimento, equidistantes 2,50 m, sendo 30 cm introduzidos no solo.

A determinação da perda de solo por erosão foi realizada indiretamente por meio da mudança do relevo do solo, conforme metodologia sugerida por Bertoni e Lombardi Neto (1999). Foram realizadas duas avaliações da variação na altura dos pinos a partir da superfície do solo, aos seis e aos doze meses após a instalação do experimento e as perdas de solo foram calculadas de acordo com a expressão:

$$P = h.A.Ds$$

Onde:

P = perda de solo (t/ha)

h = média de alteração de nível da superfície do solo (m)

A = área da parcela (m²)

Ds = densidade do solo (t/m³)

Analisando os primeiros seis meses, a mudança de nível da superfície do solo, por meio das medidas dos pinos, o autor constatou que nos primeiros seis meses, as perdas de solo variaram entre 17,44 e 233,61 t/ha. A menor perda foi observada na área do aeroporto, na qual o solo encontrava-se totalmente coberto por gramíneas, enquanto a maior perda ocorreu na parcela IMT-01, na qual o solo encontrava-se completamente desnudo. Aos doze meses, as perdas de solo estimadas variaram entre 17,44 e 254,43 t/ha. A menor perda ocorreu novamente na área do aeroporto, e a maior perda ocorreu na área da parcela que apresentava solo exposto e espaçadas moitas de gramíneas

Bono (1994) procurou avaliar a cobertura vegetal e as perdas de solo por erosão de pastagens nativas melhoradas, sob diferentes sistemas de preparo do solo, com e sem introdução de espécies exóticas, visando sugerir práticas que reduzam a erosão na região, aumentando a sustentabilidade das pastagens, no município de São João del Rei – MG. Os experimentos foram realizados em duas classes de solos da região, os Cambissolos e os Latossolos, num período de dois anos.

Inicialmente, colocou-se fogo nas áreas experimentais, como medida de uniformização da vegetação. As parcelas apresentaram as dimensões de 6x6m (36 m²). Os tratamentos dados às estações experimentais foram:

- *Brachiaria brizantha* cv (Marandu), em covas; *Brachiaria brizantha*, com escarificação entre covas; *Brachiaria brizantha*, em sulcos; *Brachiaria brizantha*, a lanço, com escarificação na parcela toda.
- *Andropogon gayanus* cv (Planaltina), em covas; *Andropogon gayanus*, com escarificação entre covas; *Andropogon gayanus*, em sulcos; *Andropogon gayanus*, a lanço, com escarificação na parcela toda.
- Pastagem nativa com escarificação na parcela toda e pastagem nativa sem preparo nenhum.

As perdas de solo foram quantificadas sob condições de chuva natural, pela determinação de mudanças de nível da superfície do solo, utilizando-se pinos de metal de 20 cm de comprimento, cravados no solo até a profundidade de 15cm, em 25 pontos da parcela. As leituras eram realizadas diretamente nos pinos, sendo que a perda de solo também foi estimada pela expressão $P = h.A.Ds.$, segundo método proposto por Lombardi Neto e Bertoni (1975), modificado por Galindo e Margolis (1989), baseado na profundidade efetiva do solo, na relação textural entre os horizontes subsuperficiais e superficial, no teor de matéria orgânica e na permeabilidade dos solos.

O autor concluiu que nos Latossolos todos os sistemas de melhoramento de pastagens nativas com *Brachiaria brizantha* apresentaram os valores mais baixos de perdas de solo, registrando-se no tratamento a lanço, com escarificação na parcela toda, a menor perda de solo.

As perdas de solo variaram de 18.0 ton/ha/ano, em pastagens nativas sem preparo nenhum, a 6.8 ton/ha/ano em tratamento a lanço, com escarificação na parcela toda, nas parcelas instaladas nos Latossolos. Nos Cambissolos, a variação foi de 39.7 ton/ha/ano, em pastagens nativas sem preparo nenhum, a 24.4 ton/ha/ano em pastagens, com tratamento em covas.

Santos (1993) objetivou avaliar as perdas de solo por erosão e a produtividade de pastagens nativas melhoradas, com e sem a introdução de espécies exóticas, em diferentes sistemas de preparo do solo. A avaliação das perdas de solo foi feita sob chuva natural, por meio da determinação de mudanças de nível da superfície do solo, utilizando-se pinos de metal cravados no solo (Cambissolo distrófico). Os tratamentos testados, em parcelas de 36 m², foram os seguintes: *Brachiaria brizantha* (Bb) semeada em covas; Bb em covas + escarificação entre covas; Bb em sulcos; Bb a lanço em solo escarificado; *Andropogon*

gayanus (Ag) semeado em covas; Ag em covas + escarificação entre covas; Ag em sulcos; Ag a lançar em solo escarificado; pastagem nativa com escarificação; e pastagem nativa (testemunha). Também foram mantidas parcelas sem vegetação e sem nenhuma prática de manejo. Uma análise global dos resultados obtidos enfatiza a possibilidade de melhoramento dessas pastagens nativas mediante escarificação, calagem e adubação, e a potencial introdução de gramíneas exóticas com o uso dessas práticas de manejo visando aumentar a quantidade de forragem disponível, dentro dos limites de perdas toleráveis por erosão.

A quantificação das perdas de solo por erosão foi feita por meio da determinação de mudanças de nível da superfície do solo, conforme metodologia sugerida por Marques (1951), Gleason (1957), México (1977) e Bertoni & Lombardi Neto (1990). Foram utilizados pinos de metal, de 20 cm de comprimento, cravados no solo até 15 cm de profundidade, em seis pontos da parcela. Nos 4 m² centrais de todas as parcelas, os pinos foram dispostos em duas linhas, no sentido da declividade, separados entre si em 1 m na linha e 2 m na entrelinha. As leituras foram feitas diretamente nos pinos, com aproximação de 1 mm. As amostras para densidade do solo foram coletadas na profundidade de 0 - 10 cm. A observação abrangeu o período de novembro/1990 a fevereiro/1992. As perdas de solo foram calculadas pela expressão:

$P = h \cdot A \cdot D_s$, em que:

P = perda de solo, em t.ha⁻¹;

h = média de alteração de nível da superfície do solo medida nos pinos, em m;

A = área considerada (10.000 m²);

D_s = densidade do solo, em t.m⁻³.

Durante o período experimental (16 meses), observaram-se nos tratamentos avaliados perdas de solo variando de 3,4 a 151,2 t.ha⁻¹

Na presente pesquisa, os dados obtidos por meio dos pinos de erosão serão utilizados para complementar os estudos de perdas de solo na bacia do ribeirão Alam Grei. Os dados adquiridos com o monitoramento desses pinos serão utilizados também na comparação dos resultados de perdas de solo obtidos com a EUPS, a fim de verificar sua aplicabilidade e confiabilidade.

3 – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo da presente pesquisa se encontra inserida dentro do cenário de degradação ambiental dos solos, apresentando formas de relevo que indicam a ocorrência de processos erosivos intensos em seus vários estágios de desenvolvimento, como verificado *in loco*. Trata-se da bacia hidrográfica do ribeirão Alam Grei, localizada no setor norte do município de Rio Claro – SP, próximo ao Distrito de Ajapi, como demonstra a Fig.1.

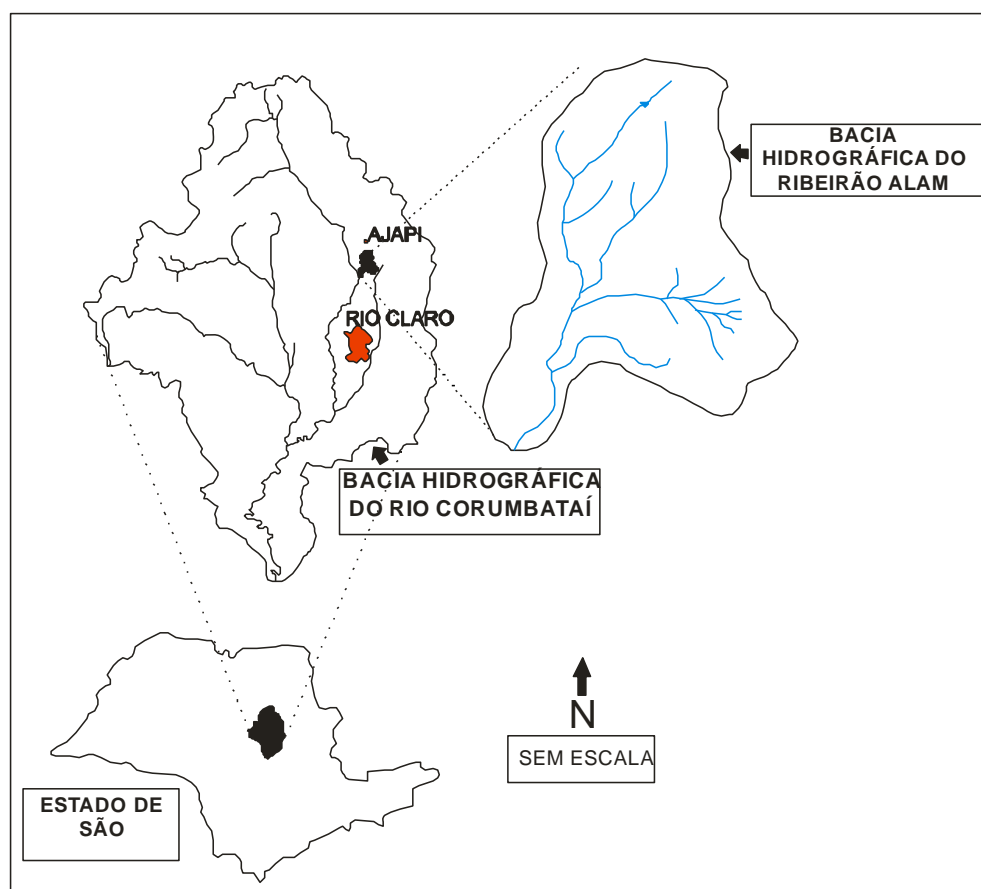


Fig.1 – Localização da Bacia do Ribeirão Alam Grei – SP.
Fonte: www.ceapla.rc.unesp.br/atlas.html Adaptação: Borges, P.

A referida bacia, de acordo com o atual Plano Diretor (2006), está localizada completamente dentro do perímetro rural do município, e seu deságüe encontra-se no limite deste perímetro. Todavia, em seu interior encontra-se o bairro rural do Alam Grei, caracterizado pelo zoneamento do referido Plano Diretor Municipal como uma *Zona Predominantemente Residencial (ZPR)*. Este se caracteriza por apresentar ruas não asfaltadas, construções residenciais e de lazer, além de se inserir numa área de grande declividade do terreno, como verificado *in loco* (fotos 1, 2, 3 e 4).



Foto 1 e 2 - Bairro Rural do Alam Grei: Ruas sem pavimentação, construções residenciais, terreno íngreme.



Foto 3 e 4 – Bairro Rural do Alam Grei – Ruas sem pavimentação, construções redenciais em terrenos bastante íngremes.

As demais áreas da bacia são constituídas por pequenas e médias propriedades rurais, onde há o predomínio do uso das terras para o cultivo da cana-de-açúcar, para pastagens, culturas anuais e permanentes, em ordem de grandeza, respectivamente. No total, a bacia apresenta uma área de 12 Km², e seu deságüe ocorre na margem esquerda do Rio Corumbataí, do qual o ribeirão Alam Grei é afluente direto.

A maior parte da bacia apresenta grandes declividades do terreno, com fundos de vale bastante encaixados, o que denota uma possível retomada erosiva das drenagens. Além disso,

ocorrem processos erosivos lineares os quais geram grande número de sulcos erosivos, ravinas e até voçorocas, como constatado *in loco*.

A bacia conta também com área de lazer para pesca recreativa, no bairro do Alam Grei (foto 5). Constatou-se *in loco* que essa área atrai um número significativo de pessoas ao local, especialmente nos finais de semana e feriados.



Foto 5 – Área de pesca esportiva às margens do ribeirão Alam Grei – SP.

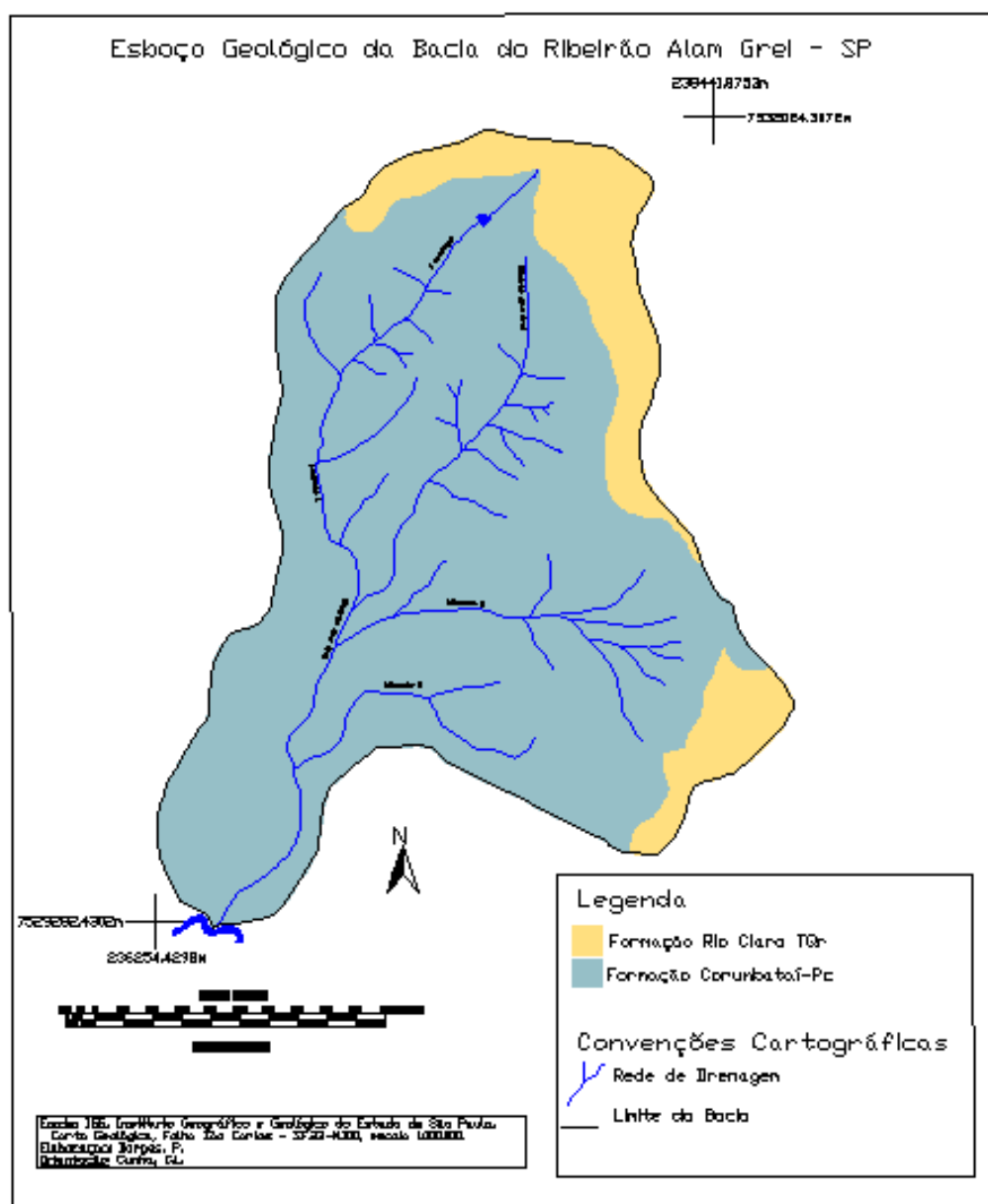
Desta forma, é importante conhecer e avaliar as condições do meio natural sobre as quais tais processos erosivos ocorrem. No que se refere à constituição geológica, a referida bacia apresenta como litologias (fig.2) a Formação Corumbataí do Grupo Passa Dois, datada do Paleozóico – Permiano Superior e a Formação Rio Claro, inserida no contexto dos depósitos Cenozóicos da Depressão Periférica, de acordo com o IPT (1981b).

A Formação Corumbataí é predominante na bacia, estendendo-se por toda a média e baixa bacia. A principal litologia desta unidade são os siltitos e argilitos cinza-avermelhados e arroxeados, às vezes esverdeados, que se decompõem em pequenas “pastilhas”. Intercaladas a essas rochas mais finas, ocorrem lentes de arenitos muito finos (PERINOTTO E ZAINÉ, 1996, p.82).

Segundo o IPT (1981b, p.61), a Formação Corumbataí aflora continuamente no estado de São Paulo, a partir do interflúvio dos rios Tietê e Piracicaba para norte, até próximo ao limite com o estado de Minas Gerais, estando recoberta em discordância erosiva pela Formação Pirambóia.

Na bacia do Rio Corumbataí, esta formação em sua parte inferior apresenta siltitos, argilitos e folhelhos cinzentos a roxo acinzentado nos afloramentos, podendo

Figura 2 – As litologias da bacia do ribeirão Alam Grei - SP.



possuir cimentação calcária e lembrando a Formação Serra Alta. Segue-se uma sucessão de camadas siltosas, ritmicamente alternadas com lâminas ou delgadas camadas cuja litologia varia entre argilosa e arenosa fina, tanto vertical quanto horizontalmente. Já nas partes média e superior da formação, predominam as cores vermelhas e arroxeadas e também se apresentam nestas áreas lentes e bancos de calcários com cerca de até meio metro de espessura. (IPT, 1981b, p.61)

Ainda segundo o IPT (1981b, p.61), nas estruturas sedimentares da Formação Corumbataí observam-se “estratificação plano-paralela, cruzada de baixo ângulo, estruturas *flaser*, estratificação rítmica, marcas onduladas, fraturas de ressecamento e brechas intraformacionais”.

Na bacia do ribeirão Alan Grey, a Formação Corumbataí caracteriza-se por apresentar, predominantemente, siltitos e argilitos de cores arroxeadas, disposto em lâminas bastante fragmentadas.

Além disso, segundo Perinotto e Zaine (1996), é relevante a importância econômica que a Formação Corumbataí traz para a região, já que serve de matéria-prima para as olarias e cerâmicas.

Quanto ao ambiente de deposição da Formação Corumbataí, existem controvérsias, como aponta o IPT (1981b). Segundo o mesmo, os argumentos são a favor ou contra ambientes marinhos de deposição, já que, muitas estruturas sedimentares desta formação são compatíveis também com ambientes lacustres.

Já a Formação Rio Claro ocupa na bacia do ribeirão Alam Grei uma menor porção, restringindo-se às áreas de baixa declividade na alta bacia.

Esta formação, segundo Bjornberg e Landim (1966, citado por IPT, 1981b), caracteriza-se por apresentar sedimentos predominantemente areníticos, por vezes conglomeráticos, com lâminas e leitos de argilas subordinados, com até 30 metros de espessura. Já para Fúlfaro e Suguio (1968, citado por IPT, 1981B, p.92), nela se distinguem duas seqüências principais.

A inferior, [], seria constituída por arenitos e arenitos conglomeráticos, e secundariamente por argilas dispostas em leitos de até 60 centímetros de espessura, ou em sucessões de leitos de 5 a 10 centímetros de espessura. Estratificações plano-paralelas e cruzadas são estruturas comuns, podendo as argilas disporem-se em lentes; os níveis conglomeráticos colocam-se freqüentemente nas lâminas frontais dos estratos cruzados.

A segunda refere-se à seqüência superior, caracterizada por ser mais argilosa, com brechas intraformacionais freqüentes e lentes arenosas subordinadas.

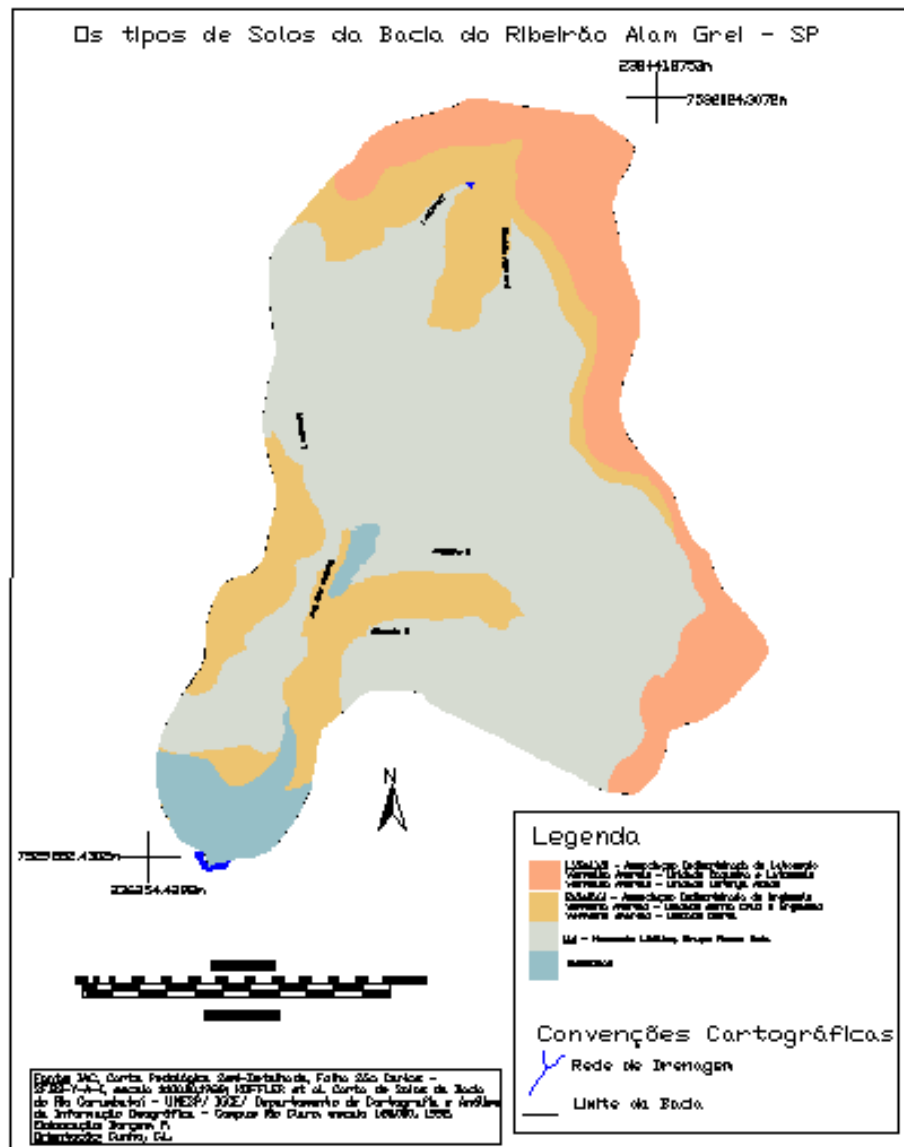
Sobre tais Formações, (Fig.3) segundo IAC (1989) e Koffler (1992), ocorrem as seguintes classes de solos: Latossolo Vermelho-Amarelo, Álico – A moderado, textura média, Unidade Coqueiro; Argissolo Vermelho-Amarelo, Tb abrupto, A moderado, textura arenosa/argilosa ou média/argilosa, Unidade Santa Cruz; Neossolo Litólico, A moderado, proeminente ou chernozêmico, substrato sedimentos indiscriminados do Grupo Passa Dois; e Gleissolos, Glei Húmico e Glei Pouco Húmico com ou sem Solo Orgânico.

Segundo EMBRAPA (1999), os Argissolos, de maneira geral, se definem como “solos constituídos por material mineral com argila de atividade baixa e horizonte B textural imediatamente abaixo de horizonte A ou E”. Mais precisamente, referente aos Argissolos Vermelho-Amarelo, o mesmo traz que estes são caracterizados por possuírem matiz 5YR ou mais vermelho e mais amarelo que 2,5YR na parte dos primeiros 100 cm do horizonte B, inclusive BA. Segundo Oliveira, Jacomine e Camargo (1992), estes solos possuem algumas limitações já que apresentam uma maior suscetibilidade erosiva, sobretudo quando combinados à maior declividade do terreno.

De acordo com o IAC (1984, p. 108), os Argissolos Vermelho-Amarelo da Unidade Santa Cruz são caracterizados por apresentar: caráter abrupto ou relação textural ≥ 2 nos solos com horizonte A com argila $\leq 20\%$ ou $\geq 1,5$ nos com argila $> 20\%$; caráter álico ou distrófico; horizonte A moderado ou proeminente; textura argilosa a muito argilosa no horizonte B; espessura dos horizontes A+B $\leq 150\text{cm}$; estrutura e cerosidade moderada a fortemente desenvolvida; consistência, no mínimo, muito dura e firme; acentuado acréscimo de Al^{3+} em profundidade; substrato com sedimentos argilosos do permocarbonífero.

Quanto á estrutura destes, é geralmente classificada como granular e subangular moderada, com consistência dura, firme e plástica, com exceção dos horizontes com pouca argila, cuja consistência é friável.

Figura 3 – Os tipos de solos da bacia do ribeirão Alam Grei – SP.



Quanto aos Latossolos, esses se caracterizam por apresentar grande profundidade com seqüência A-Bw-C de diferenciação modesta, tendo materiais de origens diversas (Oliveira, Jacomine e Camargo, 1992, p.102). Quanto à definição dada pela EMBRAPA (1999, p.93), os Latossolos, de maneira geral, se caracterizam por:

Solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico, imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A, dentro de 200 cm da superfície do solo ou dentro de 300cm, se o horizonte A apresenta mais que 150cm de espessura.

Ainda em relação a esta classe de solos, constata-se como característica o bom favorecimento ao lavradio e a boa drenagem interna, características estas dadas pela grande espessura apresentada por estes. Contudo, quanto à fertilidade e à textura, estas apresentam grande heterogeneidade e, no caso da necessidade de aplicação de fertilizantes e corretivos, esta classe, geralmente, responde de maneira positiva. (OLIVEIRA, JACOMINE E CAMARGO 1992, p.103)

Segundo o IAC (1984, p.63), os Latossolos Vermelho-Amarelos da Unidade Coqueiro, apresentam: horizonte A fraco ou moderado; textura média do horizonte B com teor de argila inferior a 20% ou, se entre 20 e 25%, predominância da areia grossa sobre a fina; caráter álico ou distrófico; ausência de acréscimo escalonado de argila entre os horizontes A1, A3, B1 e B2; horizonte B apédico ou com estrutura subangular fraca; horizonte B2 com cor 7,5YR ou mais vermelha.

Estes são também, segundo IAC (1984), solos muito profundos, atingindo vários metros de espessura, representados pela seqüência de horizontes: A1 ou AP, A3, B1 e B2, este geralmente subdividido em vários subhorizontes. A estrutura é em geral pouco desenvolvida, em razão do teor de argila ser relativamente baixo. Esta é representada comumente pela estrutura granular pequena na camada superficial e subangular média no horizonte B2, sendo fraca em ambos os casos.

Além disso, a consistência é influenciada pelos elevados teores de areia, o que a torna friável ou mesmo muito friável, não plástica e não pegajosa nos horizontes superficiais mais arenosos e, no máximo, plástica e pegajosa nos horizontes que apresentam mais de 20% de argila.

Quanto aos Neossolos Litólicos, estes se definem como: “solos constituídos por material mineral (...) com menos de 30 cm de espessura, não apresentando qualquer tipo de horizonte B diagnóstico” (EMBRAPA, 1999, p.94). Por apresentarem pequena espessura, apresentam limitações quanto à penetração do sistema radicular das plantas. Além disso, “(...)

a água de percolação, ao atingir a rocha, tem seu fluxo interrompido ou muito diminuído, expondo esses solos aos efeitos das enxurradas”. (OLIVEIRA, JACOMINE e CAMARGO, 1992, p.177). Estes ocorrem na maior parte da bacia do Alam Grei.

Segundo o IAC (1984, p.167), estes solos apresentam horizonte A fraco, moderado, proeminente ou chernozêmico assente diretamente sobre a rocha (A, R), sobre horizonte C de pequena espessura (A, C, R), sobre horizonte B incipiente ou argiloso de apenas poucos centímetros [A, (B), C, R] ou (A, Bt, C, R). Além disso, apresentam geralmente teores relativamente elevados de minerais primários menos resistentes ao intemperismo e minerais de argila do grupo das esmectitas, o que lhes confere elevados valores de capacidade de troca de cátions da fração argila.

Por fim, encontram-se os solos Gleí, que, segundo a EMBRAPA (1999, p.89), são definidos como:

solos constituídos por material mineral, com solos glei dentro dos primeiros 50 metros da superfície, ou entre 50 a 125 cm desde que imediatamente abaixo de horizonte A ou E, ou precedido por horizonte B incipiente, B textural ou horizonte C com presença de mosqueados abundantes com cores de redução.

Esta classe de solos se desenvolve em áreas de várzeas, áreas deprimidas, planícies aluvionais, locais de terras baixas, vinculadas ao excesso de água. Assim, possui grandes limitações quanto ao uso agrícola, já que a presença do lençol freático elevado e os riscos de alagamentos são frequentes. (OLIVEIRA, JACOMINE e CAMARGO, 1992, p.167)

Estas características pedológicas mantêm relações intrínsecas com as formas de relevo da bacia, a qual se encontra na Província da Depressão Periférica Paulista, mais precisamente na zona do Médio Tietê (IPTa, 1980). Segundo Ross (1990, citado por Ross e Moroz, 1997, p.45):

A Depressão Periférica da Borda Leste da Bacia do Paraná está esculpida quase totalmente nos sedimentos Páleo-mesozóicos da bacia. Apresenta características de modelado diversos em função da influência tectônica, variação litológica e dos graus de atuação dos processos morfodinâmicos dos mais variados ambientes paleoclimáticos[...]

Ab´Saber (1969, citado por IPT, 1981 a, p.56) afirma ainda que a Depressão Periférica Paulista possui a forma de um corredor de topografia colinosa, embutida entre a cuesta da Borda da Mata e Monte Santo e as elevações do Planalto Atlântico, apresentando aproximadamente 50 Km de largura.

Quanto à zona do Médio Tietê, Ross e Moroz (1997), é afirmado que esta corresponde à área localizada entre o Planalto Atlântico a leste, planalto Ocidental Paulista a oeste e a Depressão de Mogi-Guaçu ao norte, onde as formas de relevo são denudacionais com modelado constituído basicamente por colinas de topos amplos, tabulares e convexos. Segundo Almeida (1981, citado por IPT, 1981 a, p.58), esta zona corresponde à área drenada pelo Rio Tietê, delimitada pelos divisores de água desta bacia com as dos rios Mogi-Guaçu e Paranapanema.

Toda a zona é coberta por uma rede de drenagem bastante organizada, em que se destacam o Tietê e seus dois afluentes, o Piracicaba e o Sorocaba. O padrão geral da drenagem é dentrítico, notando-se, porém algum controle estrutural a partir de diaclases e da presença de corpos litológicos mais resistentes, especialmente diabásios. (IPT, 1981 a)

Esta rede de drenagem densa e organizada da zona do Médio Tietê é influenciada pelo clima encontrado na região, que, segundo a classificação de Koppen (citado por Silva e Pfeifer, 1998, p.11), é o mesotérmico úmido subtropical de inverno seco (Cwa).

O clima tipo Cwa se caracteriza por apresentar temperaturas mais elevadas no mês de janeiro, com média de 25,1°C e temperaturas mais amenas no mês de julho com uma média de 17,5°C. As chuvas se concentram no verão, nos meses que se estendem de outubro a abril, tendo o mês de março como o mais chuvoso. O inverno, que se estende de maio a setembro, é seco, possuindo, no mês de agosto, média de 30 mm de precipitação, ou seja, é o mais seco.

Conforme se pôde constatar por esta caracterização da área, verifica-se que o substrato físico apresenta algumas fragilidades, o que pode ser observado, por exemplo, pela presença de solos do tipo Argissolos e Neossolos, os quais são potencialmente suscetíveis aos processos erosivos.

Assim, os dados qualitativos descritos acima são de fundamental importância para a comparação com os dados quantitativos que foram obtidos com a modelagem, com a experimentação dos pinos de erosão e com as informações, também qualitativas, das cartas geomorfológicas. Entende-se que o cruzamento desses dados faz-se necessário tanto para fins de verificação como para o enriquecimento de detalhes na análise dos resultados adquiridos.

4 – MÉTODO E TÉCNICAS

4.1 – Método

A fim de se alcançar os objetivos traçados para esta pesquisa, foi utilizada a abordagem direta e indireta da Bacia do Ribeirão Alam Grei. A primeira foi realizada por meio de trabalhos de campo e a segunda por revisão bibliográfica, cartográfica e de elaboração de documentos cartográficos da área.

Como orientação metodológica, utilizou-se a Teoria Geral dos Sistemas aplicada à ciência geográfica. De acordo com Cunha (2001), a referida teoria tem sido amplamente empregada por profissionais dedicados à questão ambiental e seu emprego tem sido analisado como um dos mais produtivos no que se refere aos resultados obtidos.

Muitas são as definições apresentadas para um sistema, todavia, para Christofolletti (1979, p.3), a definição dada por Thornes e Brunsten é mais completa, já que estes consideram que “o sistema funciona para executar uma determinada tarefa, procurando atingir um objetivo ou finalidade” enquanto que para outros, como por exemplo, Hall e Fagen, “basta haver funcionamento e relacionamento para que o sistema seja caracterizado”.

Miller também contribuiu com uma importante definição do que vem a ser um sistema. O autor coloca que:

[...] um sistema é um conjunto de unidades com relações entre si. A palavra conjunto implica que as unidades possuem propriedades comuns. O estado de cada unidade é controlado, condicionado ou dependente do estado de outras unidades. (MILLER, 1965, citado por CHRISTOFOLETTI, 1979,p.1)

A matéria, a energia e a estrutura são aspectos importantes que, segundo Christofolletti (1979), devem ser abordados no estudo da composição dos sistemas. “A *matéria* corresponde ao material que vai ser mobilizado através do sistema [...] A *energia* corresponde às forças que fazem o sistema funcionar, gerando a capacidade de realizar trabalho” (CHRISTOFOLETTI, 1979, p.8). Quanto à estrutura do sistema, Christofolletti (1979, p.13) coloca que esta “é constituída pelos elementos e suas relações, expressando-se através do arranjo de seus componentes. O *elemento* é a unidade básica do sistema”.

Os sistemas podem ser classificados de acordo com vários critérios, porém, segundo Christofolletti (1979), o critério da complexidade estrutural e o funcional são os mais importantes para a análise geográfica. Levando em consideração a complexidade estrutural,

foram propostos por Chorley e Kennedy, 1971 (citado por Christofolletti, 1979, p.15), onze tipos de sistemas. Os mais relevantes para o presente estudo, de acordo com esta classificação, são os *sistemas controlados*, representados por aqueles que “apresentam a atuação do homem sobre os sistemas de processos-resposta”. Os sistemas de processos-respostas, por sua vez, são aqueles “formados pela combinação de sistemas morfológicos e sistemas em seqüência. Os sistemas em seqüência indicam o *processo*, enquanto o morfológico representa a *forma*, a resposta a determinado estímulo” (CHRISTOFOLETTI, 1979, p.17).

Os sistemas de processos - respostas, de acordo com o autor citado -, têm sua complexidade aumentada pela intervenção humana. Ao se examinar a estrutura dos sistemas de processos-resposta, verifica-se que há certas variáveis-chaves, sobre as quais o homem pode intervir para produzir modificações na distribuição de matéria e energia dentro dos sistemas em seqüência e, conseqüentemente, influenciar nas formas relacionadas a esses sistemas.

Desta forma, os sistemas controlados se mostram adequados para a realização da presente pesquisa, já que o sistema estudado – bacia hidrográfica do ribeirão “Alam Grei” - é altamente suscetível à intervenção e controle humano, haja vista o grau de degradação ambiental que esta apresenta, sobretudo no que se refere aos processos erosivos, que têm, neste caso, no homem, seu principal agente dinamizador.

Com relação ao critério funcional, Forster, Rapport e Trucco (citado por Christofolletti, 1979, p.14) distinguem dois tipos de sistemas. Todavia, para o presente trabalho, segundo esta classificação, os sistemas não isolados são mais significativos.

Os sistemas não isolados, de acordo com o autor citado, são aqueles que mantêm relações com os demais sistemas do universo no qual funcionam. Estes podem ser subdivididos em sistemas fechados e sistemas abertos. Os sistemas abertos são os mais adequados para a presente pesquisa, sendo caracterizados por aqueles nos quais ocorrem constantes trocas de energia e matéria, tanto recebendo como perdendo. Estes são mais comuns que os sistemas fechados e, podem ser exemplificados por bacias hidrográficas, vertentes, homens, cidades e muitos outros.

Ainda, no que se refere a esta pesquisa, outra questão importante, em termos metodológicos, refere-se à questão da experimentação e da modelagem. De acordo com Cunha (1997, p. 56), é possível constatar, por meio de bibliografia, que a quantificação dos processos erosivos laminares é feita, sobretudo, por dois processos: um indutivo, representado pela realização dos experimentos, e outro dedutivo, representado pelos modelos. Contudo, a autora afirma, ainda, que tais processos são dependentes um do outro e se complementam.

Com relação à quantificação dos processos erosivos laminares, constata-se que a partir da abordagem indutiva, representada pela utilização de experimentos que se constituem em medições dos fatos desordenados da realidade, é que se torna possível estabelecer leis gerais que dão origem aos modelos. (CUNHA, 1997, p. 57).

Os experimentos, além de ajudarem no desenvolvimento dos modelos, são utilizados também para comprovar sua eficácia. Vários são os trabalhos que se utilizaram de dados obtidos com parcelas experimentais para comparação com dados obtidos com os modelos, no caso, a EUPS. Constata-se assim que, para a quantificação dos processos erosivos, os experimentos constituem-se em pontos de ligação entre o mundo real e os modelos.

Na presente pesquisa, o experimento está sendo realizado por meio de uma metodologia simples de monitoramento de erosão, com o uso dos pinos de erosão que permitirão a obtenção de dados de perdas de solo em alguns pontos da bacia em estudo.

Quanto à modelagem, o uso de modelos quantitativos, visando um diagnóstico dos problemas relativos à erosão, torna-se cada vez mais importante para a conservação das terras agricultáveis ainda disponíveis.

De acordo com Christofolletti (1999, p.19), a modelagem “constitui procedimento teórico envolvendo um conjunto de técnicas com a finalidade de compor um quadro simplificado e inteligível do mundo, como atividade de reação do homem perante a complexidade aparente do mundo que o envolve”. O autor afirma ainda que a modelagem consiste em compor uma abstração da realidade, na qual se trabalha no campo da abordagem teórica e ajusta-se às experiências empíricas e, por isso, é um procedimento teórico.

As principais características dos modelos, segundo Christofolletti (1999), são: seletividade, estruturação, enunciativo, simplicidade, analógicos, reapplicabilidade.

A *seletividade* implica na seleção rigorosa quanto às informações, na qual os ruídos e os sinais menos importantes são eliminados para permitir que se veja algo do âmago das coisas. A *estruturação* salienta que os aspectos selecionados da realidade são explorados em termos de suas conexões. Quanto ao *enunciativo*, o autor coloca que “o delineamento da estrutura mostra a existência de determinado padrão, na qual os fenômenos são considerados em termos de relação sistêmica” (CHRISTOFOLETTI, 1999, p.22). Esse quadro reveste-se do significado enunciativo, que o autor chama também de potencial de sugestões, pois os modelos bem-sucedidos contêm sugestões para a sua ampliação e generalização. Já a *simplicidade* implica que o modelo deva ser suficientemente simples de manipular e de se compreender pelos seus usuários. Isso não significa que este não possa ter a complexidade

necessária para representar com precisão o sistema em estudo. Quanto às características *analógicas*, significam que os modelos são diferentes do mundo real e mostram uma maneira aproximada de serem compreendidos. Enfim, a *reaplicabilidade* “é um pré-requisito dos modelos nas ciências empíricas”. Isso significa que o modelo deve ser estruturado de tal forma que seja possível utilizá-lo para outros casos da mesma categoria.

Desta forma, para a presente pesquisa, o uso de modelo para a quantificação das perdas de solo que ocorre no sistema em estudo – a bacia hidrográfica do Ribeirão Alam Grei – pode se mostrar satisfatório já que, de acordo com Christofolletti (1999), os modelos são necessários por constituírem pontes entre os níveis da observação e as proposições teóricas. Além disso, os modelos servem ao planejamento, já que permitem a previsão em curto prazo.

No caso da equação universal de perdas de solo (EUPS), modelo este utilizado em diversas partes do mundo, inclusive no estado de São Paulo, acredita-se que esta pode permitir uma previsão das áreas, com maior potencial natural à erosão, bem como a elaboração de uma estimativa das perdas de solo da referida área, que se encontra altamente afetada pelos processos erosivos em toda a sua extensão.

4.2 – Técnicas

As técnicas de pesquisa serão descritas em três etapas distintas. A primeira diz respeito às técnicas cartográficas, cujas cartas construídas apresentam dados intermediários, os quais, posteriormente, foram transformados nos fatores da Equação Universal de Perdas de Solo. Os fatores que contemplam a EUPS constituem a segunda etapa das técnicas de pesquisa. Por último, apresenta-se a técnica de instalação e monitoramento dos pinos de erosão.

4.2.1 – As Técnicas Cartográficas

A Base Cartográfica

O primeiro passo para a obtenção dos dados necessários à pesquisa foi a elaboração da base cartográfica. Esta foi digitalizada pelo Programa AutoCad Map 2004, a partir da Carta Topográfica de Rio Claro Folha – Granja Ipê - SF.23-Y-A-I-4-NE-D, escala 1:10.000, CESP, editada em 1978. Esta foi escaneada e teve os dados necessários para a presente pesquisa compilados pelo programa computacional mencionado.

A base cartográfica foi de fundamental importância para a obtenção de outros dados da pesquisa como de declividade, de forma de vertentes e de comprimento de rampa. Esta também foi utilizada para nortear os trabalhos de campo, sobretudo para reambular dados de solos e geológicos.

Carta de Formas de Vertente

A forma das vertentes (fig.4), segundo Wischmeier e Smith (1978), afeta as perdas de solo e, assim, estas devem ser avaliadas. Todavia, os segmentos não devem ser analisados como “vertentes independentes”, já que o comportamento do escoamento superficial de um setor terá influência sobre o seguinte. Desta forma, o comprimento de rampa deve ser avaliado considerando-se toda a extensão desta; contudo, a declividade pode ser estabelecida para cada segmento que apresenta forma diferenciada.

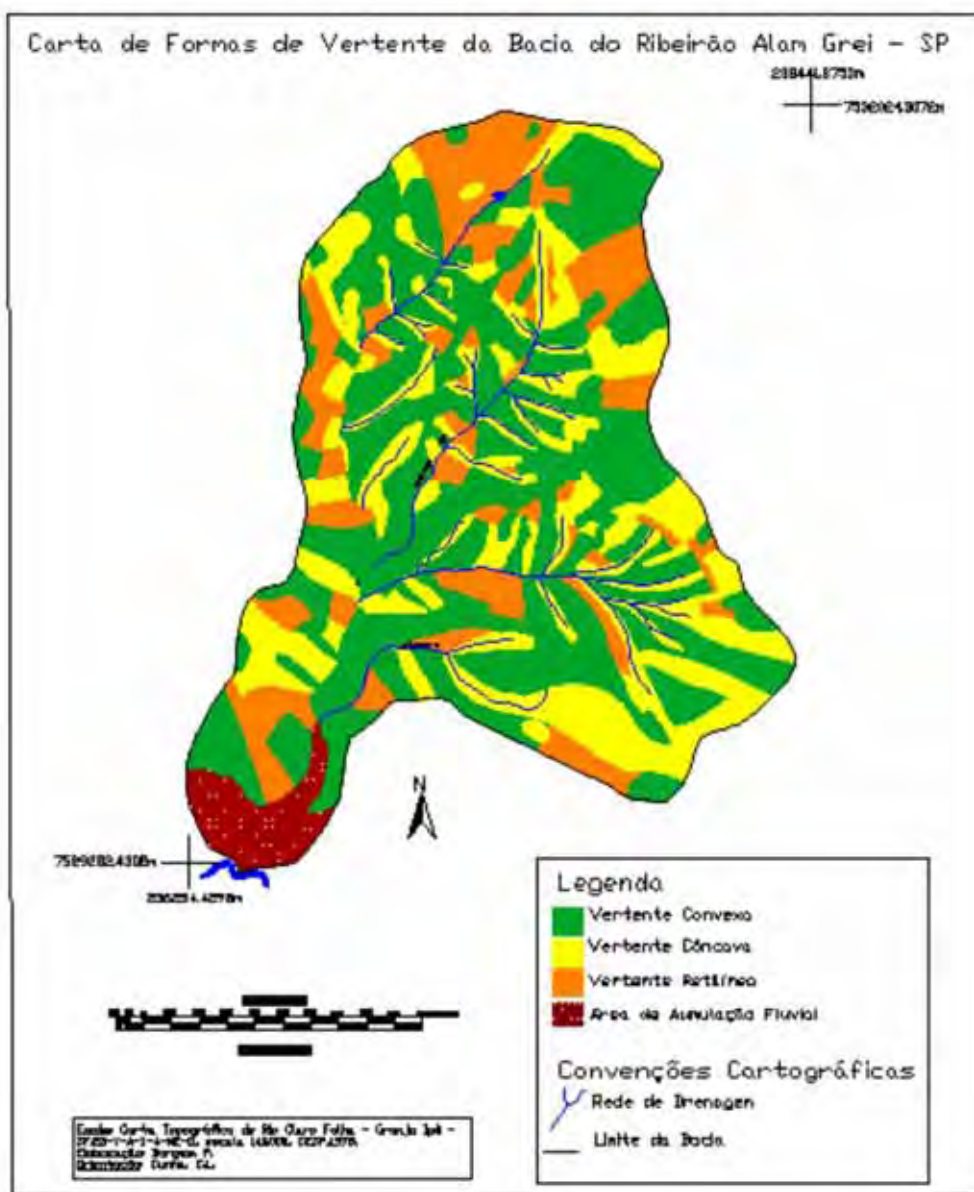
Assim, a carta de forma de vertentes foi elaborada visando individualizar os diferentes segmentos destas que apresentam formas diversificadas. Este documento cartográfico foi elaborado a partir da interpretação da configuração das curvas de nível existentes na Base Cartográfica, com acompanhamento por fotografias aéreas e trabalho de campo.

Nesta etapa da pesquisa foi necessária a utilização das fotografias aéreas da bacia, bem como dos trabalhos de campo, a fim de que os fundos de vale fossem delimitados com mais precisão e não fizessem parte da base de cálculos, visto que esses são locais de deposição de sedimentos e não de perdas destes.

Desta forma, separaram-se os setores côncavos, convexos e retilíneos da área pesquisada, para se obter o comprimento das rampas existentes na presente bacia. Esta separação foi realizada no programa AutoCad Map 2004, visto que, pelo recurso *zoom* se obtém maior detalhes da base cartográfica, podendo assim ter uma maior precisão dos setores côncavos, convexos e retilíneos da bacia.

Os limites entre as formas de vertente constituem-se no primeiro critério de organização das parcelas de cálculo para a aplicação da Equação Universal de Perdas de Solo.

Figura 4 - Carta de Formas de Vertente da bacia do ribeirão Alam Grei.



Carta de Declividade

A carta clinográfica ou de declividade tem fundamental importância para estudos de planejamento do uso e ocupação da terra, já que esta vem apontar a inclinação do terreno em estudo, demonstrando assim os pontos com maior potencialidade para o desenvolvimento de processos erosivos e as áreas previstas pela legislação como inadequadas ao uso e ocupação humana. Cunha (1997), ao colocar a importância destas cartas, diz que quanto maior for a inclinação do terreno, maior será a energia com que se processa o escoamento pluvial e, assim, maior será o potencial erosivo da água.

A técnica de construção da carta clinográfica da bacia hidrográfica do Ribeirão Alam Grei seguiu a proposta desenvolvida por De Biasi (1970), que tem como base a compreensão das cartas topográficas, nas quais observa-se que quanto mais próximas estiverem as curvas de nível, maior será a declividade do terreno e quanto mais distantes, menor será a declividade. Assim, a quantificação da inclinação é possível com o auxílio de um ábaco graduado.

O primeiro passo para a confecção da carta é estabelecer a maior e a menor declividade existente na área, dado este obtido pelo menor e pelo maior espaçamento entre as curvas de nível respectivamente. Estes dados indicaram os limites das classes de declive para a área em questão. Para tanto, utilizou-se a seguinte fórmula, que, segundo De Biasi (1992), expressa estes dados em porcentagem:

$$D = n \times 100$$

E

Onde: D = Declividade, em porcentagem;

n = Equidistância das curvas de nível (desnível altimétrico);

E = Espaçamento entre as curvas de nível (distância horizontal);

No presente trabalho, os valores de maior e menor declividade registrados para a bacia foram de 50% e 2%, respectivamente. Assim, as classes não poderiam ultrapassar 50% e nem serem inferiores a 2%.

A partir destes limites, se definem as classes de declive, classes estas que podem variar de pesquisa para pesquisa, de acordo com os objetivos do pesquisador.

Para a presente pesquisa, os limites de declividade escolhidos foram:

- Declividade < 3%: áreas susceptíveis à inundação;

- Declividade entre 3% a 6%: áreas possíveis de urbanização sem risco de inundação;
- Declividade entre 6% a 12%: terrenos onde são possíveis urbanização e mecanização agrícola;
- Declive entre 12% a 20%: acima de 12% há sérias restrições à mecanização agrícola;
- Declive entre 20% a 30%: até 30% de declive é permitida a urbanização;
- Declive acima de 30%: área com restrições à urbanização.

A partir destas definições, utilizou-se a regra de três com os valores das classes de declive a fim de se definirem os valores das distâncias que compõem o ábaco sugerido por De Biasi (1992). O ábaco visa facilitar o processo de elaboração da carta clinográfica. Assim, foram obtidos os seguintes valores de distância entre as curvas de nível que são representadas no ábaco:

- Para o limite de 3% declividade: 1,66 cm;
- Para o limite de 6% declividade: 0,8 cm;
- Para o limite de 12% declividade: 0,4 cm;
- Para o limite de 20% declividade: 0,25 cm;
- Para o limite de 30% declividade: 0,16cm.

Para as áreas inseridas em topos de morros, fundos de vales e locais entre uma curva de nível e o limite da bacia foi utilizado um ábaco suplementar, seguindo as adaptações de Sanchez (1993), que sugere que este tenha a metade das medidas utilizadas no ábaco principal, ou seja, considera-se o desnível na fórmula para o cálculo da declividade, como tendo um valor igual à metade do valor de equidistância das curvas de nível. Segundo o autor, a interpretação realizada com o ábaco suplementar pode não retratar fielmente as declividades, porém representa uma aproximação mais objetiva.

Desta forma, os valores obtidos para o ábaco suplementar foram:

- Para o limite de 3% declividade: 0,83 cm;
- Para o limite de 6% declividade: 0,4cm;
- Para o limite de 12% declividade: 0,2 cm;
- Para o limite de 20% declividade: 0,125 cm;
- Para o limite de 30% declividade: 0,08cm.

Para cada uma das classes foi estabelecida uma cor, considerando-se a Rosa Cromática e o Princípio de Intensidade, que afirmam que quanto mais intenso o fenômeno, mais intensa deve ser a cor para representá-lo.

O uso do ábaco na carta de declividade (Fig.5) é muito simples, como coloca De Biasi (1970, p.10 – 11):

[] basta colocá-lo entre duas curvas de nível, fazendo-se sempre coincidir a direção das perpendiculares do ábaco com a linha de maior declive da vertente, que é definida pela perpendicular comum às duas curvas de nível, procurando-se qual o segmento perpendicular do ábaco que coincidirá com a distância entre as duas curvas de nível. A superfície da carta compreendida entre duas curvas de nível e duas linhas de maior declive, correspondentes aos limites das classes, deverá ser assinalada por uma cor ou trama correspondente à classe que o diapasão estiver acusando.

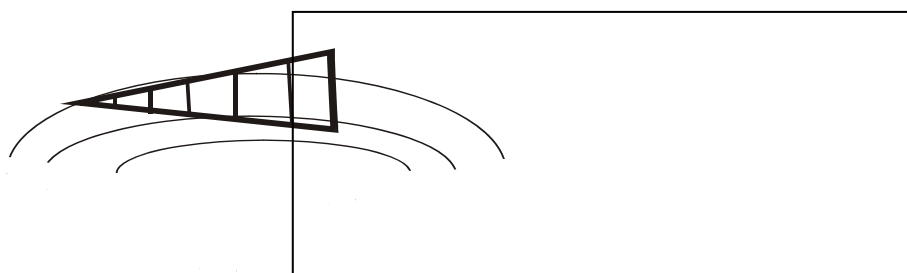


Fig. 5– Uso do Ábaco Graduado na elaboração da carta clinográfica
Org. e Desenho: Patrícia Borges

Cartas de Uso e Ocupação da Terra

As cartas de Uso e Ocupação da Terra foram elaboradas por meio da fotointerpretação de pares estereoscópicos de fotografias aéreas, na escala aproximada de 1:25.000, do ano de 2006; 1:5.000, do ano de 1995, e na escala aproximada de 1:30.000, do ano de 1972, sendo a primeira reambulada posteriormente em campo para a atualização dos dados. Durante este processo, foram identificadas e mapeadas também as práticas conservacionistas existentes na área de estudo.

Para a realização da fotointerpretação, foram utilizados os elementos apontados por Ceron e Diniz (1996) como essenciais para a identificação das culturas. Os referidos elementos são: tonalidade, textura, forma da parcela, dimensão da área cultivada, altura, espaçamento, restos de colheita e arranjo espacial. Desse modo, foi possível mapear na bacia em questão as diferentes classes de uso da terra.

Uma questão importante é quanto à escala dos presentes documentos cartográficos, que foram compatibilizados com os demais na escala de 1:10.000 pela utilização do Programa AutoCAD, versão 2004. Por se tratar da ampliação da escala, os dados da carta de 2006 foram minuciosamente reambulados em campo, com a ajuda do GPS, para que o nível de detalhe das informações fosse compatível com a escala adotada para o presente trabalho e para a atualização dos dados para o ano de 2008.

As classes mapeadas na Carta de Uso da Terra da bacia hidrográfica do ribeirão Alam Grei, no ano de 2006, foram: área urbana; área construída (diz respeito a locais que possuem construções isoladas); mata (diz respeito às áreas onde a mata original apresenta-se ainda preservada; essas matas foram encontradas principalmente margeando os cursos d'água); pastagem; pastagem suja (são as áreas de pastagem que apresentam vegetação arbustiva distribuída pela área); cana-de-açúcar com práticas conservacionistas (diz respeito às plantações que apresentam tanto curvas-de-nível como terraceamento); silvicultura; cultura anual e cultura temporária.

As classes mapeadas nos anos de 1995 e 1972 foram as mesmas, com exceção da área urbana e das áreas construídas, as quais não foram identificadas ano de 1972, devido, sobretudo, ao fato de que o bairro do Alan Grei ainda não havia se instalado na presente bacia.

Os dados qualitativos mapeados nas Cartas de Uso e Ocupação da Terra foram, posteriormente, transformados em informações quantitativas que constituíram o fator CP para a aplicação da EUPS, que será apresentado posteriormente.

Dados de Solos

Os dados pedológicos constituem-se de fundamental importância para a realização da presente pesquisa. Assim, a elaboração do documento cartográfico referente aos tipos de solos se deu em duas etapas. Inicialmente, os dados de solos foram compilados de documentos cartográficos disponíveis para a pesquisa, sendo estes: IAC - Carta Pedológica Semi-Detalhada, Folha São Carlos – SF.23-Y-A-I, escala 1:100.00, 1989; KOFFLER et al. Carta de Solos da Bacia do Rio Corumbataí – UNESP/ IGCE/ Departamento de Cartografia e Análise da Informação Geográfica – Campus Rio Claro, 1992, escala 1:50.000.

Todavia, por se tratarem de escalas muito pequenas, estes dados precisaram ser reambulados em campo, a fim de que houvesse maior precisão das classes de tipos de solo, bem como das áreas de transição entre estas classes. Desta forma, os trabalhos de campo foram imprescindíveis para a elaboração deste documento cartográfico.

Com a ajuda da base cartográfica e de fotografias aéreas foi possível identificar, por meio das rupturas topográficas e alteração de declives das vertentes, os pontos de transição de cada tipo de solo (Fig. 6). Estes foram reconhecidos por perfis de solo já abertos na área e também pelo uso de trado, o qual possibilitou a verificação dos tipos de solos onde não existiam perfis pedológicos expostos.

Os pontos de análise foram identificados pelo GPS e, posteriormente, inseridos no Programa AutoCad Map 2004, que possibilita a localização precisa destes pontos.

Posteriormente, os dados de solo foram transformados em dados quantitativos, para o cálculo do fator erodibilidade (K) da EUPS.

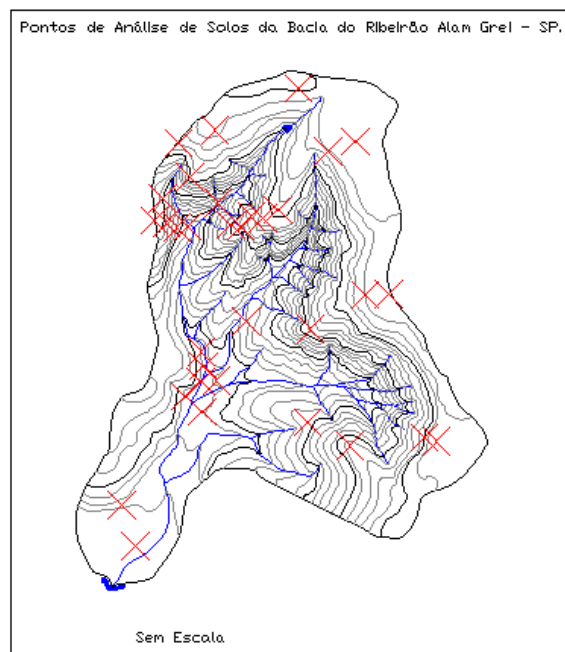


Fig. 6 – Pontos de Análise de Solos da Bacia do Ribeirão Alam Grei – SP.

Base de Cálculos dos Fatores da EUPS

A base de cálculos para a aplicação dos fatores da EUPS foi elaborada a fim de que, em cada parcela de cálculo, fossem agrupadas as mesmas características físicas e antrópicas. Esta base de cálculos foi construída valendo-se da base cartográfica da bacia do ribeirão Alam Grei, por meio do programa Autocad Map 2004, no qual criou-se um *layer* para cada nova divisão realizada sobre a referida base. Optou-se pelo uso deste programa a fim de obter

maiores detalhes da base de cálculo já que este dispõe, dentre outros, do recurso *zoom*, o que pode evitar erros na subdivisão das parcelas.

Primeiramente, foi construída a carta de formas de vertentes, na qual a base cartográfica da bacia do ribeirão Alam Grei foi dividida em setores retilíneos, côncavos e convexos, assim como, nesta carta, também foram identificados os setores de fundos de vale, que foram excluídos da divisão, como dito anteriormente. Esta primeira divisão foi realizada a fim de viabilizar as medidas do comprimento de rampa. A carta de forma de vertentes foi, portanto, utilizada como primeira divisão da base cartográfica, a fim de construir a base de cálculos.

Com base na carta de formas de vertentes, foi realizada uma nova divisão das parcelas de cálculo, pela sobreposição desta com a carta dos tipos de solos da bacia do ribeirão Alam Grei. Assim, criou-se um novo *layer* onde as parcelas foram subdivididas de maneira a apresentarem um único tipo de solo cada.

A terceira divisão das parcelas foi realizada por meio da sobreposição da carta clinográfica da bacia do ribeirão Alam Grei. Nesta etapa, as parcelas foram subdivididas novamente de maneira a apresentarem classes próximas de declividade.

Esta divisão das parcelas, com base em suas características físicas, serviu como base de análise para o cálculo do potencial natural à erosão, que no final totalizaram 864 parcelas de cálculos, devidamente numeradas após todas as subdivisões.

Numa segunda etapa, para o cálculo das perdas efetivas de solo da presente bacia, as parcelas que apresentavam mais de um tipo de uso e ocupação foram novamente subdivididas, para que cada parcela apresentasse um único tipo de uso e ocupação da terra. Esta nova subdivisão foi realizada para cada cenário trabalhado na presente pesquisa. As etapas da construção da base de cálculos podem ser vistas abaixo, no fragmento da bacia do ribeirão Alam Grei (Fig.7):

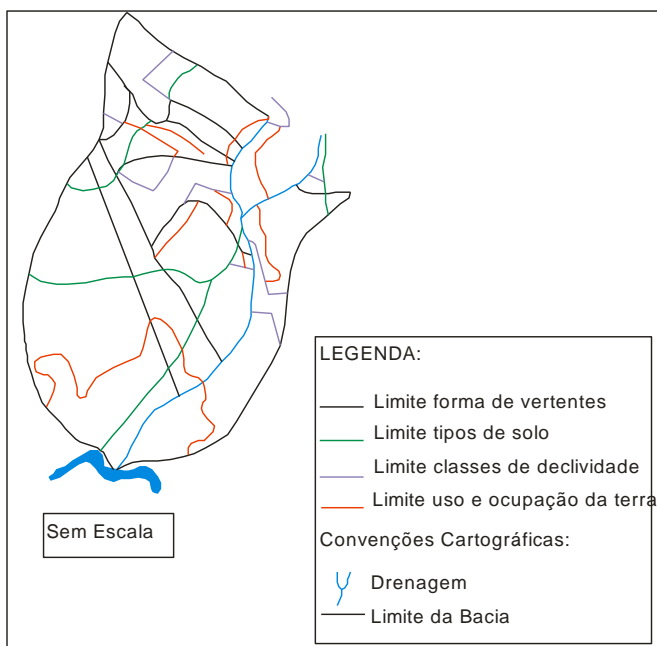


Fig.7 – Etapas da construção da base de cálculos.

Cartas Geomorfológicas

As cartas geomorfológicas foram elaboradas segundo a proposta de Tricart (1965), porém com algumas adaptações que se fizeram necessárias de acordo com os objetivos da pesquisa. Segundo o autor citado, a carta geomorfológica serve para descrever racionalmente os fatos geomorfológicos, representando categorias de fenômenos muito diferenciados, de acordo com a escala adotada.

Para Tricart (1965), as cartas geomorfológicas detalhadas devem conter as seguintes informações: morfometria, morfografia, morfogênese e cronologia.

Para representar a morfometria, o autor citado propõe que as cartas sejam construídas sobre uma base cartográfica, a fim de aproveitar os dados morfométricos, sobretudo aqueles vinculados às curvas de nível.

Quanto à morfografia, esta foi obtida pela fotointerpretação, ao passo que o agrupamento dos símbolos morfográficos serviu para indicar a morfogênese. Já a cronologia foi abordada somente em termos relativos por níveis altimétricos e por dados de geologia de superfície disponíveis.

Tricart (1965) recomenda, ainda, como essencial, a representação nas cartas geomorfológicas dos dados referentes ao arcabouço estrutural, os quais devem ser mapeados em dois níveis: feições estruturais e os dados litológicos. O primeiro deve ser representado

por símbolos, enquanto que o segundo deve ser representado por tramas coloridas. Este procedimento também não foi utilizado em conformidade com a proposta adotada, onde os dados geológicos da bacia hidrográfica do ribeirão Alam Grei foram analisados separadamente.

Para a construção destas cartas foi necessária a análise dos pares estereoscópicos das fotografias aéreas dos anos de 1972, 1995 e 2006. Esta última foi, posteriormente, reambulada em campo para a atualização dos dados. Para a compatibilização das escalas, optou-se por realizá-las no aparelho Aerosketemaster, por se obter uma maior precisão dos dados, onde estes já eram transferidos para a base cartográfica.

Por se tratarem de escalas muito diferentes, para evitar grandes distorções e obter dados mais precisos e coerentes, optou-se também em compatibilizar a drenagem das três cartas geomorfológicas de acordo com a drenagem da própria base cartográfica, enriquecendo-a por meio da análise das curvas de níveis. Estes foram chamados de canais pluviais. As formas de vertente, da mesma maneira, foram desenhadas em cima da base cartográfica, pela análise das curvas de níveis.

4.2.2 – Fatores da Equação Universal de Perdas de Solo

A Equação Universal de Perdas de Solo – EUPS - é expressa da seguinte forma:

$$A = L.S.R.K.C.P$$

Onde:

A = Perda média anual de solos, em ton/ha./ano;

LS = Fator Topográfico, representado pela declividade e comprimento de rampa, respectivamente;

R = Erosividade das Chuvas, expressa em MJ/ha. mm/h;

K = Erodibilidade dos Solos, expressa em MJ/ha. Mm/h;

C = Uso e Manejo da terra;

P = Práticas Conservacionistas.

Fator Topográfico (LS)

Para se realizar o cálculo do fator topográfico utilizou-se a proposta de Bertoni e Lombardi Neto (1985), os quais sugerem a seguinte equação:

$$LS = 0,00984 \cdot C^{0,63} \cdot D^{1,18}$$

Onde:

LS = Fator Topográfico

C = Comprimento de rampa em metros

D = Grau de declividade em %.

O valor do grau de declive foi obtido com base na carta clinográfica, segundo proposta de Mendes (1993). Para isto, foi necessário estabelecer os valores médios de cada classe de declividade da bacia hidrográfica do Alam Grei. Além da obtenção dos valores médios de cada classe, foi necessário também estabelecer os valores médios do agrupamento de cada duas classes de declividade, já que para a aplicação da EUPS as parcelas de cálculo foram subdivididas por meio do agrupamento de classes de declividade próximas. As classes de declividade da bacia do ribeirão Alam Grei foram mapeadas na carta de declividade descrita anteriormente.

Os valores médios das classes de declividade utilizados foram:

| Classes: | Valor Médio de Declividade | Valor Médio do Grupo de Classes |
|-----------------|-----------------------------------|--|
| < 3% | 1% | 3% |
| 3 6% | 4,5% | |
| 6% 12% | 9% | 13% |
| 12% 20% | 16% | |
| 20% 30% | 25% | 25% |
| ≥ 30% | 31% | |

Após calculada as médias da declividade, pela sobreposição da carta clinográfica com a da base de cálculos, foram obtidos os valores do fator S para cada parcela de análise da bacia.

Já o comprimento de rampa foi obtido por meio de medidas efetuadas a partir dos divisores d'água até os fundos de vale. Várias medidas foram realizadas dentro de cada parcela definida pela forma de vertente, buscando-se a maior e a menor medida de distância entre a cumeada e os fundos de vale. Após serem feitas essas medidas, foi calculada a média do comprimento de rampa para cada parcela. De posse de tais dados, aplicou-se a fórmula acima apresentada.

Erosividade da Chuva (R)

Para a obtenção dos dados de erosividade da chuva, foi utilizada a equação proposta por Lombardi Neto e Moldenhauer (1980):

$$El = 67,355 (R^2/p)^{0,85}$$

Onde:

El = média mensal do índice de erosão (MJ.mm/h./L);

R = precipitação média mensal em milímetros;

p = precipitação média anual em milímetros.

Os valores da erosividade da chuva (R) foram obtidos pela soma dos valores mensais do índice de erosão (El). Os dados pluviométricos necessários à aplicação da fórmula foram obtidos junto ao posto pluviométrico instalado na Fazenda São José, posto este localizado na bacia hidrográfica do córrego Cachoeirinha, bacia vizinha à do ribeirão Alam Grei. Este posto foi escolhido pela proximidade com a área de estudo, o que torna os seus dados mais precisos.

Em razão de a área da bacia apresentar pequena extensão, foi utilizado somente um valor de erosividade para toda a área. Tais dados podem ser observados na tabela 1.

A partir destes dados calculou-se a média mensal e anual de precipitação, por meio das quais foi possível obter os dados de El mensais, cuja soma constitui-se no valor de erosividade da chuva (R) utilizado para a bacia, como demonstra a tabela 2.

| Ano | Jan | Fev | Mar | Abril | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez | total |
|---------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|
| 1973 | 144,3 | 274,3 | 161,1 | 88,6 | 38,3 | 23,5 | 58,5 | 19,3 | 62,7 | 132,9 | 153,9 | 396,8 | 1554,2 |
| 1974 | 331,4 | 60,6 | 261,8 | 16,1 | 11 | 142,9 | 0 | 0,7 | 40,5 | 128,8 | 84,9 | 382 | 1460,7 |
| 1975 | 199,4 | 297,3 | 45,5 | 38,6 | 20,1 | 0,9 | 29,6 | 0 | 38 | 123 | 277,7 | 308,7 | 1378,8 |
| 1976 | 208,2 | 389,3 | 158,4 | 98,7 | 179,7 | 83 | 125,3 | 71 | 113,1 | 94,5 | 155,4 | 233,2 | 1909,8 |
| 1977 | 374,2 | 13,8 | 151 | 95,6 | 5,7 | 31,6 | 10,5 | 54,3 | 100,7 | 71,4 | 150,4 | 254,1 | 1313,3 |
| 1978 | 147,7 | 149,3 | 55,6 | 46,2 | 63,2 | 39,5 | 65,4 | 0,3 | 60,8 | 67,7 | 237 | 239,7 | 1172,4 |
| 1979 | 93,8 | 181,4 | 54,1 | 83,5 | 213,7 | 0 | 21,7 | 62,1 | 88,9 | 96,4 | 102,2 | 221,5 | 1219,3 |
| 1980 | 201,2 | 320,5 | 135 | 126,4 | 42,1 | 128,7 | 1,8 | 13,1 | 88,9 | 106,2 | 163,4 | 274,4 | 1601,7 |
| 1981 | 271,4 | 110,9 | 75,9 | 33,4 | 14,8 | 109,8 | 2,9 | 2,7 | 5,8 | 289,5 | 132 | 233,5 | 1282,6 |
| 1982 | 224,9 | 183,8 | 217,9 | 31,7 | 46,3 | 108,2 | 31 | 45,3 | 10,9 | 262,8 | 196,5 | 254,3 | 1613,6 |
| 1983 | 307,9 | 299,7 | 294,5 | 116,2 | 236,4 | 108,5 | 35,7 | 0,2 | 266,8 | 106 | 145 | 310,4 | 2227,3 |
| 1984 | 185,4 | 21,9 | 66,4 | 65,4 | 42,8 | 0,2 | 8,6 | 115,4 | 118,5 | 93,6 | 116,2 | 164,1 | 998,5 |
| 1985 | 247,7 | 151,8 | 190,7 | 215,8 | 47,7 | 29,5 | 0,7 | 9,2 | 34,9 | 23,9 | 111,1 | 98,5 | 1161,5 |
| 1986 | 137,5 | 167 | 226,7 | 32,8 | 93 | 0,4 | 28,6 | 114,4 | 30,5 | 58,4 | 171,3 | 437,1 | 1497,7 |
| 1987 | 221,9 | 112 | 93 | 113,3 | 184,3 | 38,7 | 16,7 | 8 | 77,4 | 75,4 | 196,6 | 168,1 | 1305,4 |
| 1988 | 243,9 | 258,9 | 259,3 | 176,8 | 95,1 | 16,9 | 0,2 | 0,1 | 8,8 | 246 | 208,7 | 101,9 | 1616,6 |
| 1989 | 226,4 | 401,6 | 38,5 | 70,6 | 32,1 | 53,2 | 70,1 | 24,9 | 106,2 | 30,6 | 112,1 | 273,3 | 1439,6 |
| 1990 | 231,9 | 122,3 | 190,3 | 81,3 | 55,3 | 8,2 | 40,8 | 64,9 | 75,7 | 194,4 | 85,2 | 158,1 | 1308,4 |
| 1991 | 219,3 | 247,5 | 565,1 | 134,5 | 42,7 | 16,7 | 16,1 | 0 | 49 | 123,2 | 63,8 | 294,6 | 1772,5 |
| 1992 | 147,3 | 113,5 | 109,9 | 105,5 | 114,8 | 1,2 | 65,9 | 15,6 | 114,6 | 178,1 | 262,7 | 162,1 | 1391,2 |
| 1993 | 194,7 | 328,5 | 88,9 | 83,1 | 82,8 | 56,9 | 10,7 | 30,2 | 219,3 | 112,1 | 107,1 | 191,6 | 1505,9 |
| 1994 | 186,2 | 231 | 124,6 | 32,3 | 64,2 | 47,6 | 18,4 | 0 | 0 | 110,5 | 199,4 | 227,8 | 1242 |
| 1995 | 292,3 | 597,5 | 127,9 | 163,8 | 53,7 | 17,5 | 45,5 | 0 | 31,8 | 158,4 | 127,4 | 270,3 | 1886,1 |
| 1996 | 395,1 | 288,3 | 278 | 51 | 55,8 | 19,8 | 0,9 | 22,9 | 150,5 | 150,7 | 264,3 | 201,5 | 1878,8 |
| 1997 | 306,3 | 106,5 | 20,9 | 35,4 | 68 | 185,5 | 31,5 | 2,7 | 71,9 | 122,1 | 241,6 | 167,4 | 1359,8 |
| 1998 | 102,6 | 307,6 | 190,1 | 42,6 | 82 | 8,5 | 0 | 14,6 | 52,3 | 158 | 26,6 | 173,5 | 1158,4 |
| 1999 | 370,2 | 230,4 | 122,9 | 43,1 | 30 | 74 | 0 | 0 | 96,6 | 75,5 | 26,3 | 216,5 | 1285,5 |
| 2000 | 252 | 276,6 | --- | 3,6 | 11,3 | 27,5 | 63,2 | 19,5 | 39,7 | 37,7 | 78,5 | 42,1 | 851,7 |
| 2001 | 128,7 | 142,4 | 116 | 33 | 69,7 | 16,6 | 9,4 | 64,8 | 67,2 | 162,9 | 176,5 | 372,8 | 1360 |
| 2002 | 415,1 | 342,3 | 157 | 8 | 77 | 0 | 4,4 | 114 | 46,3 | 69,5 | 332,9 | 349,9 | 1916,4 |
| Médias | 233,63 | 224,2833 | 157,8276 | 75,56333 | 72,45333 | 46,51667 | 27,13667 | 29,67333 | 75,61 | 122,0067 | 156,89 | 239,3267 | 1455,657 |

Tabela 1 – Precipitação Mensal na Bacia do Ribeirão Alam Grei.
Fonte: Posto Pluviométrico – Fazenda São José – Rio Claro – SP.

| Médias Ms | Média Anual | EI Mensal | R=Soma EI |
|-----------|-------------|------------|-------------------|
| 233,63 | 1455,657 | 1466,45345 | 7153,41774 |
| 224,2833 | 1455,657 | 1368,12078 | |
| 157,8276 | 1455,657 | 752,801827 | |
| 75,56333 | 1455,657 | 215,227864 | |
| 72,45333 | 1455,657 | 200,386676 | |
| 46,51667 | 1455,657 | 94,3418296 | |
| 27,13667 | 1455,657 | 37,7412071 | |
| 29,67333 | 1455,657 | 43,9331489 | |
| 75,61 | 1455,657 | 215,453895 | |
| 122,0067 | 1455,657 | 485,983923 | |
| 156,89 | 1455,657 | 745,215008 | |
| 239,3267 | 1455,657 | 1527,75813 | |

Tabela 2 – Valores de EI mensais e valor de R.

Erodibilidade dos Solos (K)

Na presente pesquisa, os valores de K foram adquiridos pela pesquisa de Bueno (1994). Os dados foram escolhidos devido à compatibilidade das classes de tipos de solo pesquisados pela autora citada, com as que se encontram na bacia do ribeirão Alam Grei. A autora se baseou na proposta de Bertoni e Lombardi Neto (1990), com adaptações por comunicação pessoal com Lombardi Neto. A tabela 3 apresenta os valores utilizados.

| Classes de Solos | Valor de K |
|--|------------|
| LV2+LV3 - Associação Indiscriminada de Latossolo Vermelho Amarelo – Unidade Coqueiro e Latossolo Vermelho Amarelo – Unidade Laranja Azeda. | 0,0148 |
| PV1+PV4 – Associação Indiscriminada de Argissolo Vermelho Amarelo - Unidade Santa Cruz e Argissolo Vermelho Amarelo – Unidade Laranja Olaria. | 0,0340 |
| Li4 - Neossolos Litólicos – Grupo Passa Dois. | 0,033 |
| Gleissolos | 0,00 |

Tabela 3 – Classes de Solos e valores de K.

Fonte: Bueno, (1994).

Cabe mencionar que cada parcela de cálculo apresenta um único tipo de solo, já que estas foram divididas com tal finalidade.

Uso e Manejo do Solo (C) e Práticas Conservacionistas (P)

Os dados qualitativos de uso e manejo do solo, obtidos pela carta de uso da terra, foram transformados em dados quantitativos a partir dos valores apresentados por Stein et al. (1987), já que o autor faz um detalhamento minucioso para cada tipo de uso e manejo do solo, compatíveis com as que se encontram na bacia do ribeirão Alam Grei.

As classes de uso e os valores de CP podem ser encontrados na tabela a seguir:

| Cultura/ Cobertura Vegetal | Fator CP |
|--|-----------------|
| Mata | 0,00004 |
| Cana-de-açúcar com práticas conservacionistas | 0,05 |
| Pasto | 0,01 |
| Pasto Sujo | 0,01 |
| Silvicultura | 0,0001 |
| Cultura Anual | 0,08 |
| Cultura Permanente | 0,02 |

Tabela 4 – Classes de Uso do Solo e Valores de CP.

Fonte – Stein et al. (1987).

É importante ressaltar que neste trabalho não foi empregada a modelagem para os setores recobertos por áreas urbanas e áreas construídas. Isto se deve ao fato de a Equação Universal de Perdas de Solo ser recomendada para cálculos em áreas rurais.

Quanto às práticas conservacionistas, Stein et al (1987) incorporam estes valores juntamente com os de C, já que os avaliam conjuntamente. Bertoni e Lombardi Neto (1985) apontam quatro tipos principais de práticas conservacionistas: plantio morro abaixo, plantio em contorno, alternância de capinas + plantio em contorno e cordões de vegetação permanentes. Estes são os mesmos considerados por Stein et al (1987).

As Cartas Síntese

Como produtos finais foram elaboradas as cartas de potencial natural (PNE) à erosão e de estimativa de perdas de solo (EPS) por erosão do cenário atual, do ano de 1995 e de 1972. A primeira corresponde aos valores adquiridos para cada unidade de análise sem a intervenção humana. Nesta são utilizados os valores de erosividade da chuva, erodibilidade do solo e do fator topográfico. Quanto à segunda, além de contemplar os fatores naturais, apresenta também o fator uso e manejo do solo e as

práticas conservacionistas. A denominação “estimativa” decorre do fato de que nem sempre os valores de perdas de solo são exatos, já que no processo cartográfico perdem-se alguns detalhes, especialmente no que se refere à declividade, como coloca Cunha (1997).

As três cartas foram construídas após obtidos os valores de todos os fatores da EUPS já descritos, sendo estes transcritos para uma planilha de cálculo processada no Programa Excel, cujos fragmentos podem ser observados nas tabelas abaixo (5, 6, 7 e 8).

| Parcela: | L* (rampa) | S* (declive) | LS* | K* | R* | PNE* |
|----------|---------------|-----------------|----------|-------|----------|----------|
| 1 | 45 | 1 | 0,108273 | 0 | 7153,418 | 0 |
| 2 | 60 | 13 | 2,677217 | 0,033 | 7153,418 | 631,9913 |
| 3 | 70 | 4,5 | 0,843719 | 0,034 | 7153,418 | 205,206 |
| 4 | 60 | 4,5 | 0,765634 | 0,034 | 7153,418 | 186,2146 |
| 5 | 55 | 13 | 2,534409 | 0,033 | 7153,418 | 598,2797 |
| 6 | 50 | 1 | 0,115703 | 0,034 | 7153,418 | 28,14095 |
| 7 | 45 | 1 | 0,108273 | 0,034 | 7153,418 | 26,33368 |
| 8 | 30 | 9 | 1,120954 | 0,033 | 7153,418 | 264,6154 |
| 9 | 45 | 13 | 2,233429 | 0,033 | 7153,418 | 527,2295 |
| 10 | 55 | 13 | 2,534409 | 0,034 | 7153,418 | 616,4094 |

Tabela 5 – Fragmento da Planilha de Cálculo do PNE elaborada para a bacia do ribeirão Alam Grei.

| Parcela: | L* (rampa) | S* (declive) | LS* | K* | R* | PNE* | CP* | EPS1972* |
|----------|---------------|-----------------|----------|-------|----------|----------|---------|----------|
| 1 | 45 | 1 | 0,108273 | 0 | 7153,418 | 0 | 0,01 | 0 |
| 1,1 | 45 | 1 | 0,108273 | 0 | 7153,418 | 0 | 0,00004 | 0 |
| 2 | 60 | 13 | 2,677217 | 0,033 | 7153,418 | 631,9913 | 0,01 | 6,319913 |
| 2,1 | 60 | 13 | 2,677217 | 0,033 | 7153,418 | 631,9913 | 0,05 | 31,59956 |
| 2,2 | 60 | 13 | 2,677217 | 0,033 | 7153,418 | 631,9913 | 0,00004 | 0,02528 |
| 3 | 70 | 4,5 | 0,843719 | 0,034 | 7153,418 | 205,206 | 0,05 | 10,2603 |
| 4 | 60 | 4,5 | 0,765634 | 0,034 | 7153,418 | 186,2146 | 0,05 | 9,310728 |
| 5 | 55 | 13 | 2,534409 | 0,033 | 7153,418 | 598,2797 | 0,01 | 5,982797 |
| 5,1 | 55 | 13 | 2,534409 | 0,033 | 7153,418 | 598,2797 | 0,00004 | 0,023931 |
| 5,2 | 55 | 13 | 2,534409 | 0,033 | 7153,418 | 598,2797 | 0,05 | 29,91399 |
| 6 | 50 | 1 | 0,115703 | 0,034 | 7153,418 | 28,14095 | 0,01 | 0,281409 |
| 6,1 | 50 | 1 | 0,115703 | 0,034 | 7153,418 | 28,14095 | 0,00004 | 0,001126 |
| 7 | 45 | 1 | 0,108273 | 0,034 | 7153,418 | 26,33368 | 0,01 | 0,263337 |
| 8 | 30 | 9 | 1,120954 | 0,033 | 7153,418 | 264,6154 | 0,01 | 2,646154 |
| 9 | 45 | 13 | 2,233429 | 0,033 | 7153,418 | 527,2295 | 0,01 | 5,272295 |
| 9,1 | 45 | 13 | 2,233429 | 0,033 | 7153,418 | 527,2295 | 0,00004 | 0,021089 |
| 9,2 | 45 | 13 | 2,233429 | 0,033 | 7153,418 | 527,2295 | 0,00004 | 0,021089 |
| 9,3 | 45 | 13 | 2,233429 | 0,033 | 7153,418 | 527,2295 | 0,05 | 26,36147 |
| 10 | 55 | 13 | 2,534409 | 0,034 | 7153,418 | 616,4094 | 0,05 | 30,82047 |

Tabela 6 – Fragmento da Planilha de Cálculo da EPS do ano de 1972.

| Parcela: | L* (rampa) | S* (declive) | LS* | K* | R* | PNE* | CP* | EPS1995* |
|----------|---------------|-----------------|----------|----|----------|------|------|----------|
| 1 | 45 | 1 | 0,108273 | 0 | 7153,418 | 0 | 0,01 | 0 |

| | | | | | | | | |
|------------|----|-----|----------|-------|----------|-----------------|------|-----------------|
| 2 | 60 | 13 | 2,677217 | 0,033 | 7153,418 | 631,9913 | 0,05 | 31,59956 |
| 2,1 | 60 | 13 | 2,677217 | 0,033 | 7153,418 | 631,9913 | 0,01 | 6,319913 |
| 3 | 70 | 4,5 | 0,843719 | 0,034 | 7153,418 | 205,206 | 0,05 | 10,2603 |
| 4 | 60 | 4,5 | 0,765634 | 0,034 | 7153,418 | 186,2146 | 0,05 | 9,310728 |
| 5 | 55 | 13 | 2,534409 | 0,033 | 7153,418 | 598,2797 | 0,01 | 5,982797 |
| 6 | 50 | 1 | 0,115703 | 0,034 | 7153,418 | 28,14095 | 0,01 | 0,281409 |
| 7 | 45 | 1 | 0,108273 | 0,034 | 7153,418 | 26,33368 | 0,01 | 0,263337 |
| 8 | 30 | 9 | 1,120954 | 0,033 | 7153,418 | 264,6154 | 0,01 | 2,646154 |
| 9 | 45 | 13 | 2,233429 | 0,033 | 7153,418 | 527,2295 | 0,01 | 5,272295 |
| 9,1 | 45 | 13 | 2,233429 | 0,033 | 7153,418 | 527,2295 | 0,05 | 26,36147 |
| 10 | 55 | 13 | 2,534409 | 0,034 | 7153,418 | 616,4094 | 0,05 | 30,82047 |

Tabela 7 – Fragmento da Planilha de Cálculo da EPS do ano de 1995.

| Parcela: | L* (rampa) | S* (declive) | LS* | K* | R* | PNE* | CP* | EPS2008* |
|-----------------|-----------------------------|-------------------------------|------------|-----------|-----------|-----------------|------------|-----------------|
| 1 | 45 | 1 | 0,108273 | 0 | 7153,418 | 0 | 0,01 | 0 |
| 2 | 60 | 13 | 2,677217 | 0,033 | 7153,418 | 631,9913 | 0,05 | 31,59956 |
| 3 | 70 | 4,5 | 0,843719 | 0,034 | 7153,418 | 205,206 | 0,05 | 10,2603 |
| 4 | 60 | 4,5 | 0,765634 | 0,034 | 7153,418 | 186,2146 | 0,05 | 9,310728 |
| 5 | 55 | 13 | 2,534409 | 0,033 | 7153,418 | 598,2797 | 0,05 | 29,91399 |
| 6 | 50 | 1 | 0,115703 | 0,034 | 7153,418 | 28,14095 | 0,01 | 0,281409 |
| 6,1 | 50 | 1 | 0,115703 | 0,034 | 7153,418 | 28,14095 | 0,00004 | 0,001126 |
| 7 | 45 | 1 | 0,108273 | 0,034 | 7153,418 | 26,33368 | 0,01 | 0,263337 |
| 8 | 30 | 9 | 1,120954 | 0,033 | 7153,418 | 264,6154 | 0,01 | 2,646154 |
| 8,1 | 30 | 9 | 1,120954 | 0,033 | 7153,418 | 264,6154 | 0,05 | 13,23077 |
| 9 | 45 | 13 | 2,233429 | 0,033 | 7153,418 | 527,2295 | 0,05 | 26,36147 |
| 10 | 55 | 13 | 2,534409 | 0,034 | 7153,418 | 616,4094 | 0,05 | 30,82047 |
| 10,1 | 55 | 13 | 2,534409 | 0,034 | 7153,418 | 616,4094 | 0,00004 | 0,024656 |

Tabela 8 – Fragmento da Planilha de Cálculo da EPS do ano de 2008

*L – Fator Comprimento de Rampa;

*S – Fator Declividade;

*LS – Fator Topográfico;

*K – Fator Erodibilidade dos Solos;

*R – Fator Erosividade das Chuvas;

*PNE – Potencial Natural à Erosão;

*CP – Fator Uso e Manejo dos Solos;

*EPS - Estimativa de Perda de Solo.

Como se pode observar, primeiramente foi construída a Planilha de Cálculo para o Potencial Natural à Erosão. Após a subdivisão da base de cálculo, de acordo com o uso e ocupação de cada cenário analisado, as planilhas de Estimativa de Perdas de Solo foram construídas.

Cabe mencionar que o mesmo procedimento foi realizado para as demais parcelas encontradas na bacia do ribeirão Alam Grei, que totalizaram oitocentas e sessenta quatro parcelas, na base de cálculos do Potencial Natural à Erosão, e variaram

nas cartas de Estimativa de Perdas de Solo, de acordo com as subdivisões realizadas em cada cenário, por meio do uso e ocupação da terra de cada ano, criadas para a aplicação da Equação Universal de Perdas de Solo.

Para a elaboração das classes de Potencial Natural à Erosão e de Estimativa de Perda de Solo, foram construídos, valendo-se da planilha de cálculos, gráficos de frequência (Graf. 1, 2, 3 e 4) com os valores de PNE e EPS, pelo programa Excel. Estes gráficos possibilitaram a visualização da distribuição dos valores das parcelas.

A partir dessa visualização, os dados foram sendo filtrados com a finalidade de que houvesse uma melhor distribuição de valores em cada classe.

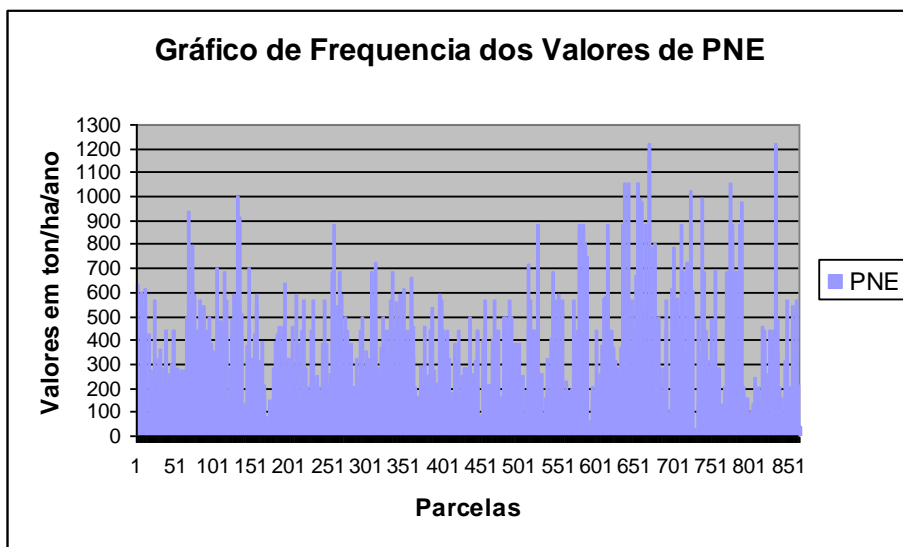


Gráfico 1 - Frequência dos Valores de PNE da bacia do ribeirão Alam Grei.

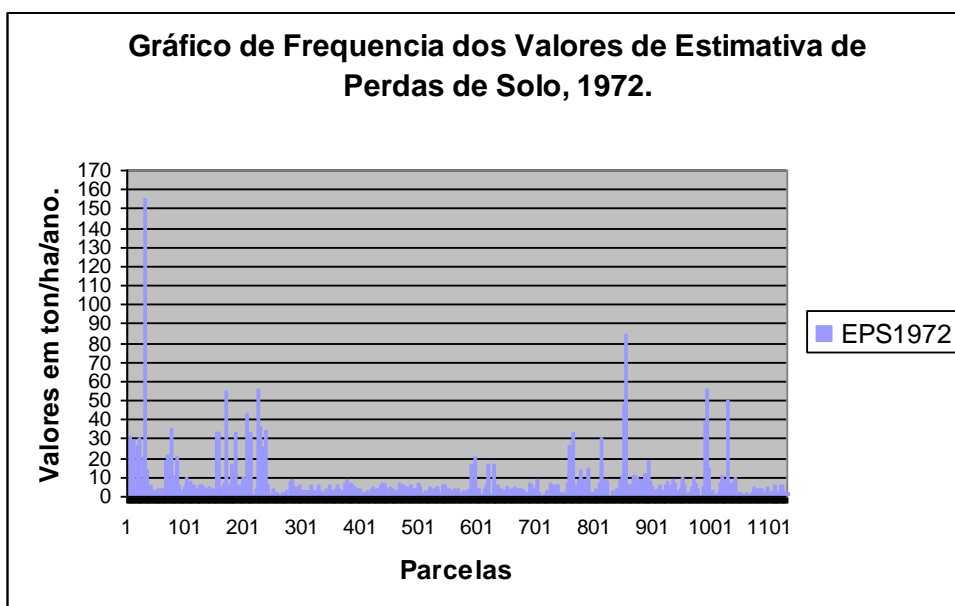


Gráfico 2 – Frequência dos Valores de EPS da bacia do ribeirão Alam Grei, 1972.

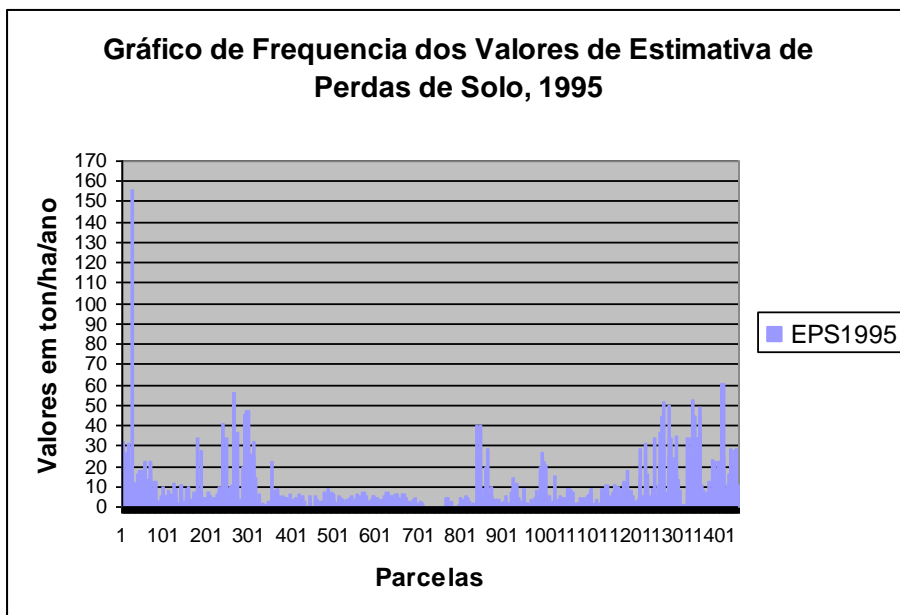


Gráfico 3 – Frequência dos Valores de EPS da bacia do ribeirão Alam Grei, 1995.

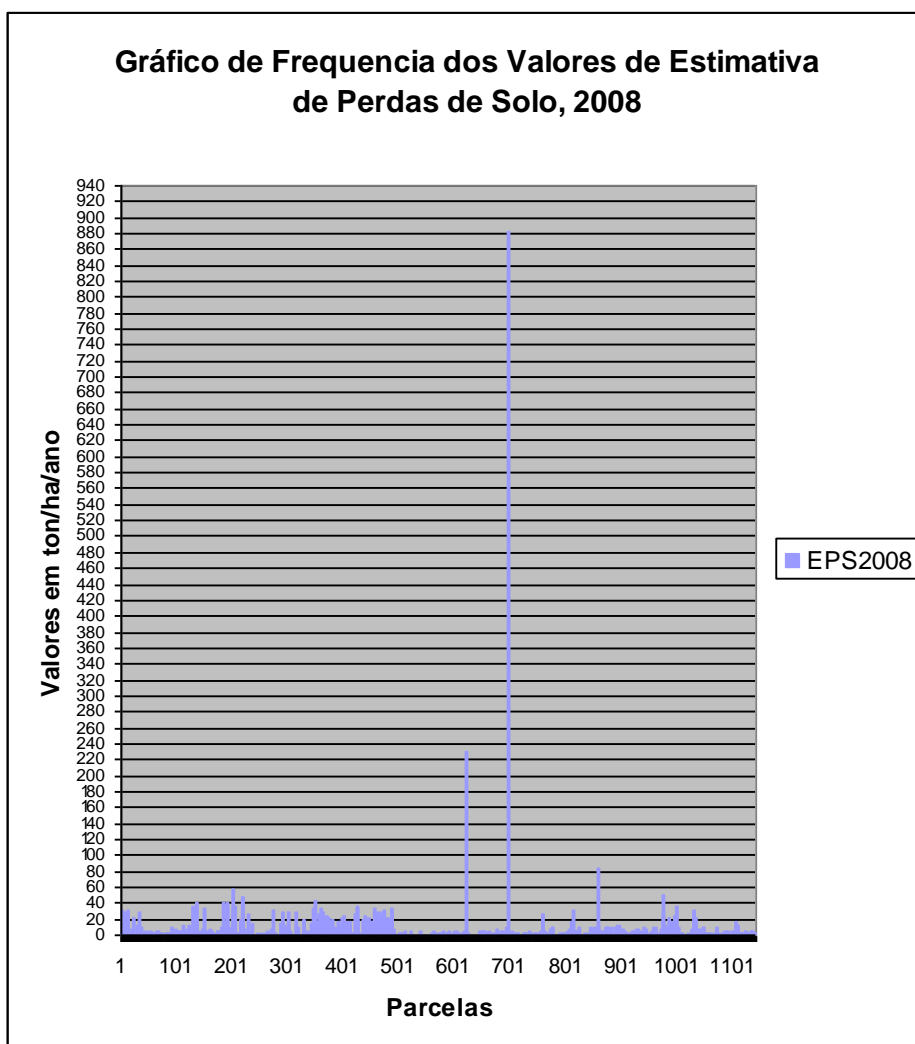


Gráfico 4 – Frequência dos Valores de EPS da bacia do ribeirão Alam Grei, 2008.

Desta forma, para a carta de potencial natural à erosão foram elaboradas as seguintes classes, conforme demonstra a tabela 9:

| CLASSES | VALOR |
|---------------------------|----------------------|
| Muito Fraca | < 100 ton/ha/ano |
| Fraca | 100 200ton/ha/ano |
| Média | 200 300 ton/ha/ano |
| Medianamente Forte | 300 400 ton/ha/ano |
| Forte | 400 500 ton/ha/ano |
| Muito Forte | ≥ 500 ton/ha/ano |

Tabela 9 – Classes do Potencial Natural à Erosão

Os valores numéricos do potencial natural à erosão foram classificados qualitativamente por se tratarem de uma simulação da EUPS, já que concerne a uma abstração da realidade na qual se considera que o terreno está totalmente desprovido de cobertura.

Quanto aos valores das classes de estimativa de perda de solo, estes foram estabelecidos após realizados os cálculos de EPS dos três cenários estudados, a fim de possibilitar análise comparativa dos períodos. As classes estabelecidas foram:

< 0,05 ton/ha/ano

0,05 | 1 ton/ha/ano

1 | 2,5 ton/ha/ano

2,5 | 5 ton/ha/ano

5 | 10 ton/ha/ano

≥ 10 ton/ha/ano

As cartas síntese foram construídas por meio do Programa AutoCad Map2004. Cada parcela foi classificada de acordo com os valores de potencial natural e de estimativa de perdas. Como as bases de cálculo já estavam construídas e devidamente numeradas no referido programa, ficou mais precisa a digitalização das cartas finais, a fim de não haver erros em sua edição. Para cada uma das classes foi estabelecida uma

cor, considerando-se a Rosa Cromática e o Princípio de Intensidade, que afirmam que quanto mais intenso o fenômeno, mais intensa deve ser a cor para representá-lo.

4.2.3– Os Pinos de Erosão

Os pinos de erosão constituem a parte experimental da presente pesquisa. Este procedimento foi realizado de acordo com a proposta de De Ploy e Gabriels (1980), na qual os autores afirmam que a distribuição espacial dos pinos de erosão na encosta deve ser realizada de acordo com as necessidades do pesquisador.

Desta forma, com a intenção de alcançar o objetivo pautado para os pinos de erosão na pesquisa, optou-se, num primeiro momento, por realizar a modelagem do ano de 2008, para verificar quais seriam as áreas com diferentes classes de PNE e EPS na bacia. Todavia, após o exame de qualificação, as técnicas de construção da modelagem mudaram, a fim de tornar os resultados mais precisos. Porém, os pinos já estavam instalados desde o mês de Maio de 2008, o que tornava inviável a procura de novas áreas para instalação dos mesmos. Assim, as áreas inicialmente escolhidas para a instalação dos pinos caracterizam-se por apresentar diferentes classes de uso e ocupação da terra, como demonstrado na tabela 10:

| Parcela | Uso da Terra |
|----------------|---------------------|
| 1 | Cultura Anual |
| 2 | Cultura Perene |
| 3 | Pasto Sujo |
| 4 | Cultura Anual |

Tabela 10 - Características das Parcelas de Monitoramento dos pinos de erosão

Por se tratar de experimentos que exigiriam o uso de propriedades particulares, optou-se por instalar quatro estações de monitoramento de 1 m² cada. Dentro de cada parcela, foram distribuídos 25 pinos de metais de 30 cm cada, que foram enterrados completamente no solo (foto 6 e 7) de forma que apenas a parte superior, que foi colorida, ficasse visível (fig.8). Para a definição do uso de 25 pinos em 1 m² utilizou-se a orientação sugerida por Campbell (1974, citado por De Ploy e Gabriels, 1980).

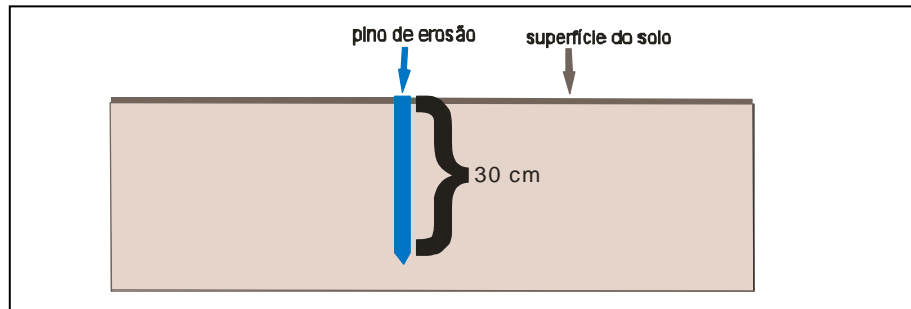


Fig.8 Ilustração do pino de metal enterrado no solo.
Desenho: Borges, P.



Foto 6– Pino de metal encravado no solo.



Foto 7 - Pino de metal encravado no solo.

A distribuição dos pinos seguiu a mesma ordem nas quatro parcelas, já que antes foi elaborada uma representação em papel milimetrado, com a localização de cada pino, de forma que estes ficassem intercalados dentro da parcela, como demonstra a figura 9n (foto 8 e 9).

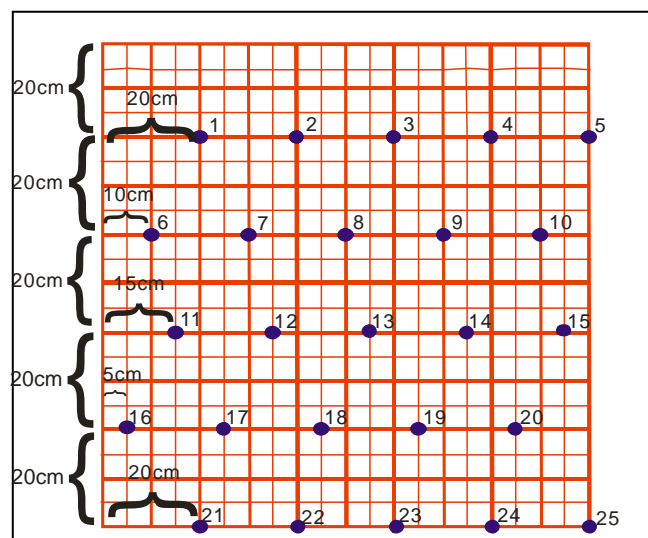


Fig.9– Representação em papel milimetrado da localização dos pinos dentro da estação.
Desenho – Borges, P.

| | | | | | | | | | | | |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 9 | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm |
| 10 | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm |
| 11 | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm |
| 12 | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm |
| 13 | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm |
| 14 | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm |
| 15 | 0,0mm | 1mm | 1mm | 2mm | 3mm | 2mm | 2mm | 3mm | 3mm | 3mm | 3mm |
| 16 | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm |
| 17 | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 2mm | 2mm | 2mm | 2mm | 2mm | 2mm |
| 18 | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm |
| 19 | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm |
| 20 | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm |
| 21 | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 2mm | 2mm | 2mm | 3mm | 3mm | 3mm | 3mm |
| 22 | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm |
| 23 | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm |
| 24 | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm |
| 25 | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 0,0mm | 2mm | 2mm | 2mm | 2mm | 2mm | 2mm |

Tabela 11 – Medidas dos Pinos de Erosão, parcela 1.

| Parcela 2 | | | | | | | | | | | |
|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|
| Nº Pinos | Data | | | | | | | | | | |
| | 1/jun | 15/jun | 29/jun | 13/jul | 27/jul | 10/ago | 24/ago | 7/set | 21/set | 05/out | 19/out |
| 1 | 1,3 cm | 1,5cm | 1,5cm | 1,3cm | 1,3cm | 1,1cm | 1,0cm | 1,0cm | 1,0cm | 1,0cm | 1,0cm |
| 2 | 1,9cm | 2,1cm | 2,0cm | 2,0cm | 2,2cm | 2,3cm | 2,3cm | 2,3cm | 2,5cm | 2,5cm | 2,5cm |
| 3 | 8mm | 0,0 | 5mm | 8mm | 1,2cm | 1,2cm | 1,5cm | 2,0cm | 2,0cm | 2,0cm | 2,2cm |
| 4 | 5mm | 5mm | 1,0cm | 1,2cm | 1,2cm | 1,5cm | 1,5cm | 2,0cm | 2,5cm | 2,7cm | 2,9cm |
| 5 | 1,3cm | 1,8cm | 2,0cm | 2,0cm | 2,5cm | 2,5cm | 2,8cm | 3,5 | 3,5 | 4,0cm | 4 cm |
| 6 | 6mm | 8mm | 5mm | 5mm | 6mm | 8mm | 8mm | 1,0cm | 1,0cm | 1,0cm | 1,0cm |
| 7 | 6mm | 1,3cm | 1,5cm | 1,5cm | 1,5cm | 1,8cm | 1,8cm | 1,5cm | 1,5cm | 1,5cm | 2,5cm |
| 8 | 7mm | 0,0 | 5mm | 5mm | 1,0cm | 1,0cm | 1,0cm | 1,5cm | 1,5cm | 2,5cm | 2,2cm |
| 9 | 6mm | 2mm | 5mm | 5mm | 77mm | 1,0cm | 1,0cm | 1,8 | 1,8cm | 1,8cm | 2,9cm |
| 10 | 5mm | 8mm | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 11 | 7mm | 7mm | 1,0cm | 1,0cm | 1,5cm | 1,5cm | 1,5cm | 1,5cm | 1,5cm | 1,5cm | 2,5cm |
| 12 | 1mm | 1mm | 1mm | 1mm | 1mm | 1mm | 3mm | 3mm | 1mm | 3mm | 5mm |
| 13 | 5mm | 5mm | 5mm | 5mm | 5mm | 5mm | 8mm | 1,0cm | 1,0cm | 1,0cm | 1,0cm |
| 14 | 0,0 | 3mm | 3mm | 3mm | 3mm | 5mm | 5mm | 5mm | 5mm | 5mm | 5mm |
| 15 | 1,2cm | 1,5cm | 1,5cm | 1,5cm | 1,8cm | 1,5cm | 1,8cm | 1,8cm | 2,0cm | 2,0cm | 2,0cm |
| 16 | 0,0 | 3mm | 3mm | 3mm | 3mm | 1mm | 1mm | 3mm | 3mm | 3mm | 5mm |
| 17 | 5mm | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 18 | 1cm | 2mm | 5mm | 5mm | 1,5cm | 1,5cm | 1,5cm | 1,5cm | 2,0cm | 2,0cm | 2,4cm |
| 19 | 8mm | 3mm | 3mm | 3mm | 1mm | 3mm | 3mm | 5mm | 5mm | 5mm | 5mm |
| 20 | 1,5cm | 3mm | 5mm | 5mm | 5mm | 5mm | 7mm | 7mm | 7mm | 7mm | 7mm |
| 21 | 1,3cm | 1,0cm | 1,2cm | 1,5cm | 1,5cm | 1,8cm | 1,8cm | 1,8cm | 2,0cm | 2,0cm | 2,2cm |
| 22 | 1,0cm | 1,3cm | 1,5cm | 1,5cm | 1,5cm | 1,8cm | 1,8cm | 2,0cm | 2,0cm | 2,0cm | 2,5cm |
| 23 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 3mm | 3mm | 3mm | 3mm | 5mm | 5mm |
| 24 | 1,1cm | 1,1cm | 1,3cm | 1,3cm | 1,3cm | 1,8cm | 1,8cm | 1,8cm | 2,5cm | 2,5cm | 2,7cm |
| 25 | 0,0 | 1,0cm | 1,0cm | 1,0cm | 8mm | 1,3cm | 1,3cm | 1,3cm | 1,3cm | 1,3cm | 1,3cm |

Tabela 12 – Medidas dos Pinos de Erosão, parcela 2.

| Parcela 3 | |
|------------------|------|
| Nº | Data |
| | |

| Pinos | 1/jun | 15/jun | 29/jun | 13/jul | 27/jul | 10/ago | 24/ago | 7/set | 21/set | 05/out | 19/out |
|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| 1 | 1mm | 3mm | 3mm | 5mm | 5mm | 8mm | 8mm | 8mm | 1,0cm | 1,0cm | 1,0cm |
| 2 | 1mm | 2mm | 2mm | 1mm | 1mm | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0 |
| 3 | 1mm | 1mm | 1mm | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0 |
| 4 | 2mm | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0 |
| 5 | 2mm | 2mm | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0 |
| 6 | 3mm | 3mm | 5mm | 5mm | 5mm | 8mm | 8mm | 8mm | 1,0cm | 1,0cm | 1,5cm |
| 7 | 1mm | 1mm | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 8 | 1,mm | 2mm | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 9 | 1mm | 1mm | 1mm | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 10 | 1mm | 1mm | 1mm | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 11 | 1mm | 1mm | 3mm | 3mm | 3mm | 3mm | 5mm | 5mm | 5mm | 5mm | 5mm |
| 12 | 1,mm | 1mm | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 13 | 1mm | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 14 | 1,mm | 1mm | 1mm | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 15 | 1mm | 1mm | 5mm | 5mm | 5mm | 5mm | 9mm | 9mm | 1,0cm | 1,0cm | 1,0cm |
| 16 | 1mm | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 17 | 1mm | 1mm | 1mm | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 18 | 1,mm | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 19 | 1mm | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 20 | 1mm | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 21 | 1mm | 1mm | 2mm | 2mm | 1mm | 1mm | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 22 | 1,mm | 1mm | 1mm | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 23 | 1mm | 1mm | 1mm | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 24 | 1mm | 2mm | 2mm | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 25 | 1mm | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

Tabela 13 – Medidas dos Pinos de Erosão, parcela 3.

| Parcela 4 | | | | | | | | | | | |
|------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| Nº Pinos | Data | | | | | | | | | | |
| | 1/jun | 15/jun | 29/jun | 13/jul | 27/jul | 10/ago | 24/ago | 7/set | 21/set | 05/out | 19/out |
| 1 | 1mm | 3mm | 3mm | 5mm | 5mm | 5mm | 5mm | 8mm | 8mm | 8mm | 1,0cm |
| 2 | 1mm | 1mm | 1mm | 5mm | 5mm | 5mm | 8mm | 8mm | 8mm | 1,0cm | 1,0cm |
| 3 | 1mm | 1mm | 1mm | 1mm | 1mm | 2mm | 2mm | 1mm | 1mm | 2mm | 2mm |
| 4 | 1mm | 1mm | 1mm | 2mm | 2mm | 2mm | 3mm | 3mm | 3mm | 3mm | 3mm |
| 5 | 5mm | 5mm | 8mm | 8mm | 8mm | 1,0cm | 1,0cm | 8mm | 1,0cm | 1,0cm | 1,5cm |
| 6 | 2mm | 2mm | 2mm | 1mm | 1mm | 3mm | 3mm | 3mm | 5mm | 5mm | 5mm |
| 7 | 2mm | 2mm | 1mm | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 8 | 3mm | 1mm | 1mm | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 9 | 1mm | 1mm | 2mm | 2mm | 1mm | 1mm | 3mm | 3mm | 1mm | 1mm | 3mm |
| 10 | 2mm | 2mm | 2mm | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 11 | 2mm | 2mm | 5mm | 5mm | 5mm | 8mm | 5mm | 5mm | 8mm | 1,0cm | 1,0cm |
| 12 | 1mm | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 13 | 3mm | 3mm | 3mm | 2mm | 2mm | 1mm | 1mm | 5mm | 5mm | 5mm | 5mm |
| 14 | 2mm | 2mm | 2mm | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 15 | 2mm | 1mm | 1mm | 2mm | 3mm | 1mm | 1mm | 1mm | 2mm | 2mm | 2mm |
| 16 | 2mm | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 17 | 1mm | 3mm | 3mm | 3mm | 5mm | 5mm | 8mm | 8mm | 8mm | 8mm | 1,0cm |
| 18 | 3mm | 5mm | 5mm | 5mm | 8mm | 8mm | 8mm | 1,0cm | 1,0cm | 1,0cm | 1,5cm |
| 19 | 5mm | 2mm | 2mm | 2mm | 5mm | 5mm | 3mm | 3mm | 5mm | 5mm | 3mm |
| 20 | 1mm | 1mm | 2mm | 2mm | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 21 | 1mm | 2mm | 2mm | 2mm | 5mm | 5mm | 3mm | 3mm | 3mm | 5mm | 5mm |

| | | | | | | | | | | | |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| 22 | 1mm | 2mm | 2mm | 3mm | 3mm | 3mm | 3mm | 5mm | 5mm | 6mm | 6mm |
| 23 | 3mm | 2mm | 2mm | 3mm | 3mm | 3mm | 2mm | 5mm | 5mm | 5mm | 5mm |
| 24 | 2mm | 2mm | 2mm | 1mm | 1mm | 2mm | 2mm | 2mm | 3mm | 3mm | 3mm |
| 25 | 3mm | 5mm | 5mm | 5mm | 5mm | 8mm | 8mm | 5mm | 8mm | 8mm | 1,0cm |

Tabela 14 – Medidas dos Pinos de Erosão, parcela 4.

Além das medidas coletadas durante o período proposto, para obter uma melhor comparação dos resultados da modelagem com os pinos de erosão, optou-se por calcular as perdas de solo nestas parcelas mediante a proposta de Bertoni e Lombardi Neto (1999), na qual os autores propõem a seguinte equação para o cálculo das perdas de solo:

$$P = h.A.Ds$$

Onde:

P = perda de solo (t/ha)

h = média de alteração de nível da superfície do solo (m)

A = área da parcela (m²)

Ds = densidade do solo (t/m³).

Assim, primeiramente, foi necessária a coleta de amostras de solos de cada parcela experimental para posterior análise da densidade aparente do solo. Esta foi realizada no Laboratório de Análises de Formações Superficiais do Departamento de Planejamento e Territorial e Geoprocessamento - DEPLAN – do IGCE, UNESP, campus Rio Claro. Os valores da densidade aparente se encontram na tabela 15:

| AMOSTRA | DENSIDADE APARENTE (g/cm ³) | % UMIDADE (g/100cm ³) | %UMIDADE (g/100g) |
|-----------|---|-----------------------------------|-------------------|
| Parcela 1 | 0,437 | 0,286 | 0,655 |
| Parcela 2 | 0,653 | 0,446 | 0,683 |
| Parcela 3 | 0,378 | 0,246 | 0,650 |
| Parcela 4 | 0,232 | 1,102 | 4,751 |

Tabela 15 – Valores da densidade aparente das amostras de solos das parcelas 1, 2, 3 e 4.

Para a determinação da densidade aparente do solo, utilizou-se metodologia proposta pela EMBRAPA, denominada *Método Torção*. Neste, as etapas seguidas são:

- Pesar o torrão depois de deixado secar ao ar ou, se possível, com a condição de umidade com que foi coletado;
- Colocar o mesmo numa cápsula de petri numerada para identificação da amostra;
- Mergulhar o torrão em parafina fundida (60°), até que se obtenha uma perfeita impermeabilização;
- Pesar o torrão depois de parafinado e esfriado;
- Aferir o volume de um bécher de 100 ml que possa conter o torrão, colocando o mesmo sobre um suporte e deixando cair álcool etílico de uma bureta de 50 ou 100 ml, até que se observe o transbordamento pelo bico do bécher; anotar o volume; esse aferimento deve ser feito com 3 repetições; considerar a média dos volumes obtidos;
- Transferir o torrão para o bécher e adicionar álcool etílico até o transbordamento do bécher; anotar o volume;
- Retirar o torrão, partir com uma faca e transferir uma parte deste, sem parafina, para uma lata de alumínio para determinação da umidade;
- Calcular o peso correspondente do torrão utilizado, seco a 105°C, em função da porcentagem de umidade obtida na subamostra;
- Calcular o volume da parafina;
- Calcular o volume do torrão em função dos seguintes dados: volume do torrão = [(volume do bécher – ml gastos) – volume da parafina];
- Calcular a densidade aparente pela seguinte expressão: Densidade Aparente (g/m³) = peso do torrão seco a 105°C/volume do torrão.

Assim, para cada parcela experimental foi calculado o valor de perdas, aplicando-se a fórmula citada anteriormente. Os resultados obtidos com as medidas dos pinos de erosão e do cálculo de perdas de cada parcela serão demonstrados na análise dos resultados.

5 – ANÁLISE DOS RESULTADOS

As cartas de Potencial Natural à Erosão (PNE) e Estimativa de Perdas de Solo (EPS), dos anos de 1972, 1995 e 2008 (fig.10, 11, 12 e 13), constituem-se nos produtos de síntese elaborados a partir da aplicação da Equação Universal de Perdas de Solo, como já descrito. Valendo-se dos resultados encontrados nestas cartas será realizada uma análise, de forma sistêmica, procurando discutir as características naturais e antrópicas que condicionam a ocorrência do potencial natural à erosão e das perdas efetivas de solo na bacia.

Primeiramente, por meio da análise das Cartas de Uso e Ocupação da Terra, é possível constatar que a bacia hidrográfica do ribeirão Alam Grei apresenta uma dinâmica muito intensa, com cenários bastante distintos de uso e ocupação, o que proporcionou, conseqüentemente, amplas modificações nas formas erosivas, ao passo que algumas desapareceram e outras surgiram, ou ainda evoluíram, como demonstraram as cartas geomorfológicas construídas para cada cenário.

No ano de 1972, verifica-se na Carta de Uso e Ocupação da Terra (fig.14) que a área ocupada pela bacia hidrográfica do ribeirão Alam Grei era, em sua maior parte, recoberta pelo uso de pasto sujo e pelas pastagens, tanto na alta como na média e baixa bacias. Poucas eram as áreas utilizadas para práticas agrícolas de cultura anual ou culturas perenes. A cana-de-açúcar também não era explorada em grandes extensões territoriais, aparecendo apenas em três áreas bem distintas, a sudeste da bacia e a leste e oeste do ribeirão Alam Grei, no seu baixo curso.

Um fato importante observado neste cenário é a presença da pouca vegetação original e da mata ciliar que quase não existiam no ano de 1972, sendo que as áreas de pasto e pasto sujo chegavam a margear os cursos dos rios. Nota-se também a presença da silvicultura, sobretudo ao norte da bacia, uso este que permanece até os dias de hoje.

Assim, verifica-se que no ano de 1972 a área da presente bacia era quase totalmente explorada sem que houvesse qualquer preocupação com o meio natural, onde a vegetação original e a mata ciliar quase não existiam, o que provavelmente poderia causar o assoreamento dos rios, além de ser quase que completamente utilizada para áreas de pasto e pasto sujo, usos estes que, no cálculo de perdas de solo pela EUPS, significam alta probabilidade de desencadeamento dos processos erosivos. O gráfico 5 demonstra a distribuição das classes de uso e ocupação da bacia do ribeirão do Alam Grei no ano de 1972, no qual se pode observar que aproximadamente 74%

Figura 10 – Carta de Potencial Natural à Erosão da bacia do ribeirão Alam Grei – SP.

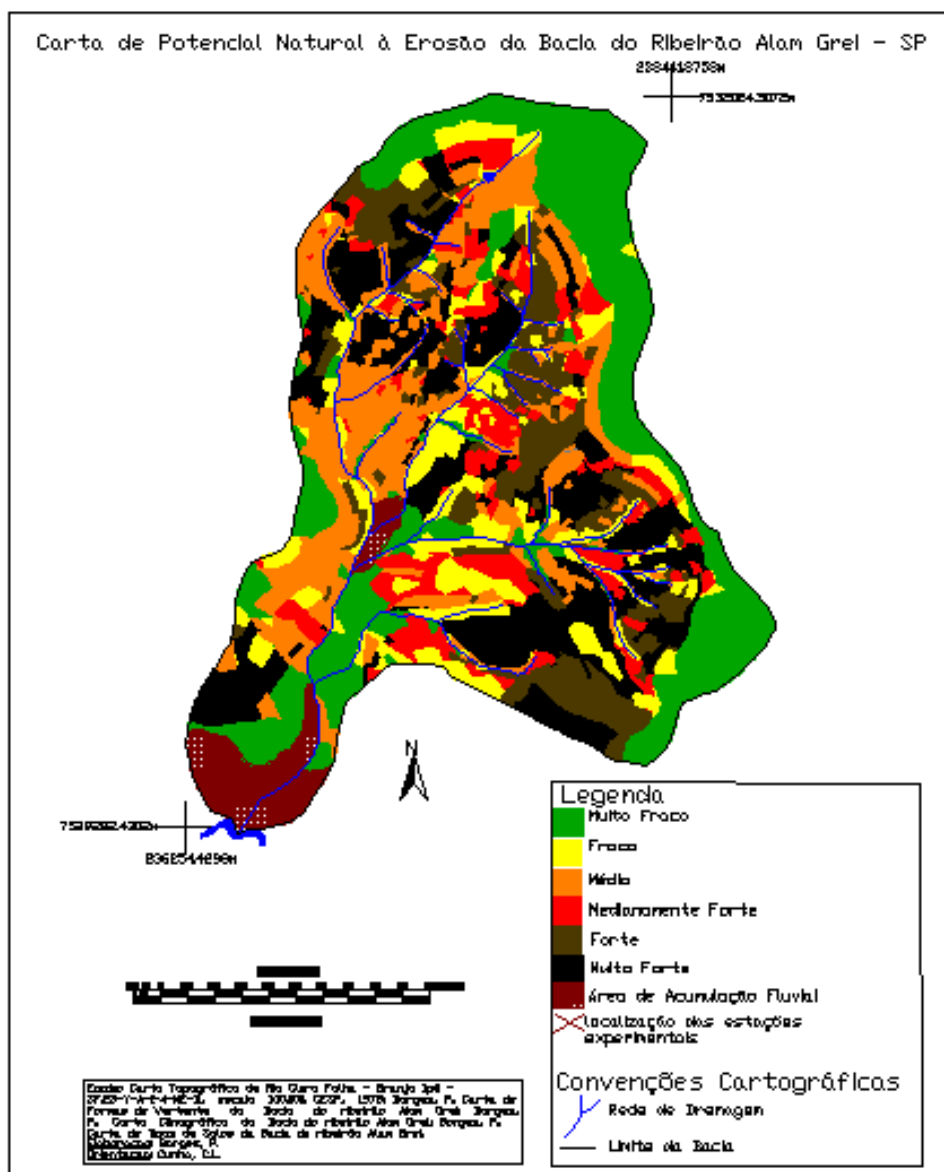


Figura 11 – Carta de Estimativa de Perdas de Solo da bacia do ribeirão Alam Grei - SP, 1972.

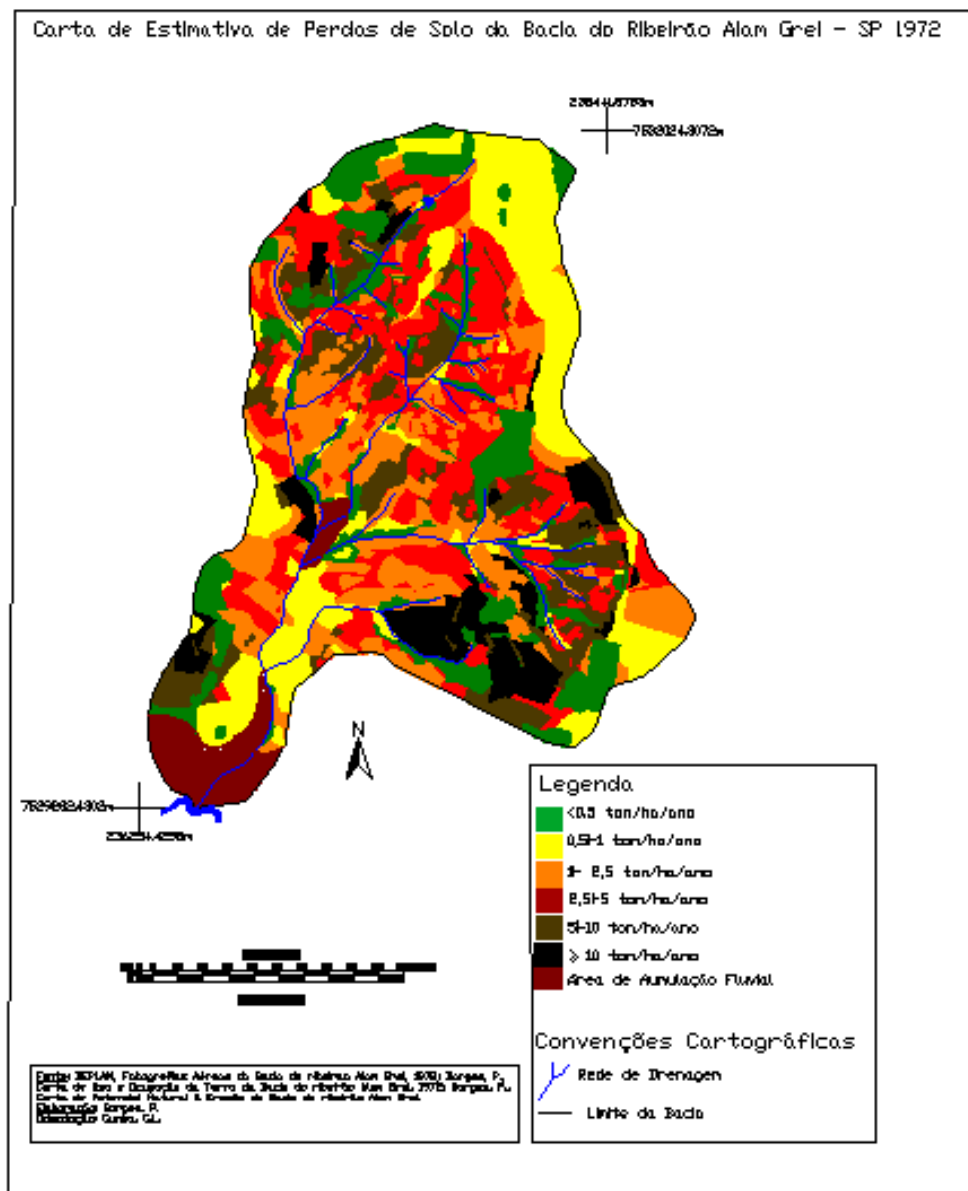


Figura 12 – Carta de Estimativa de Perdas de Solo da bacia do ribeirão Alam Grei - SP, 1995.

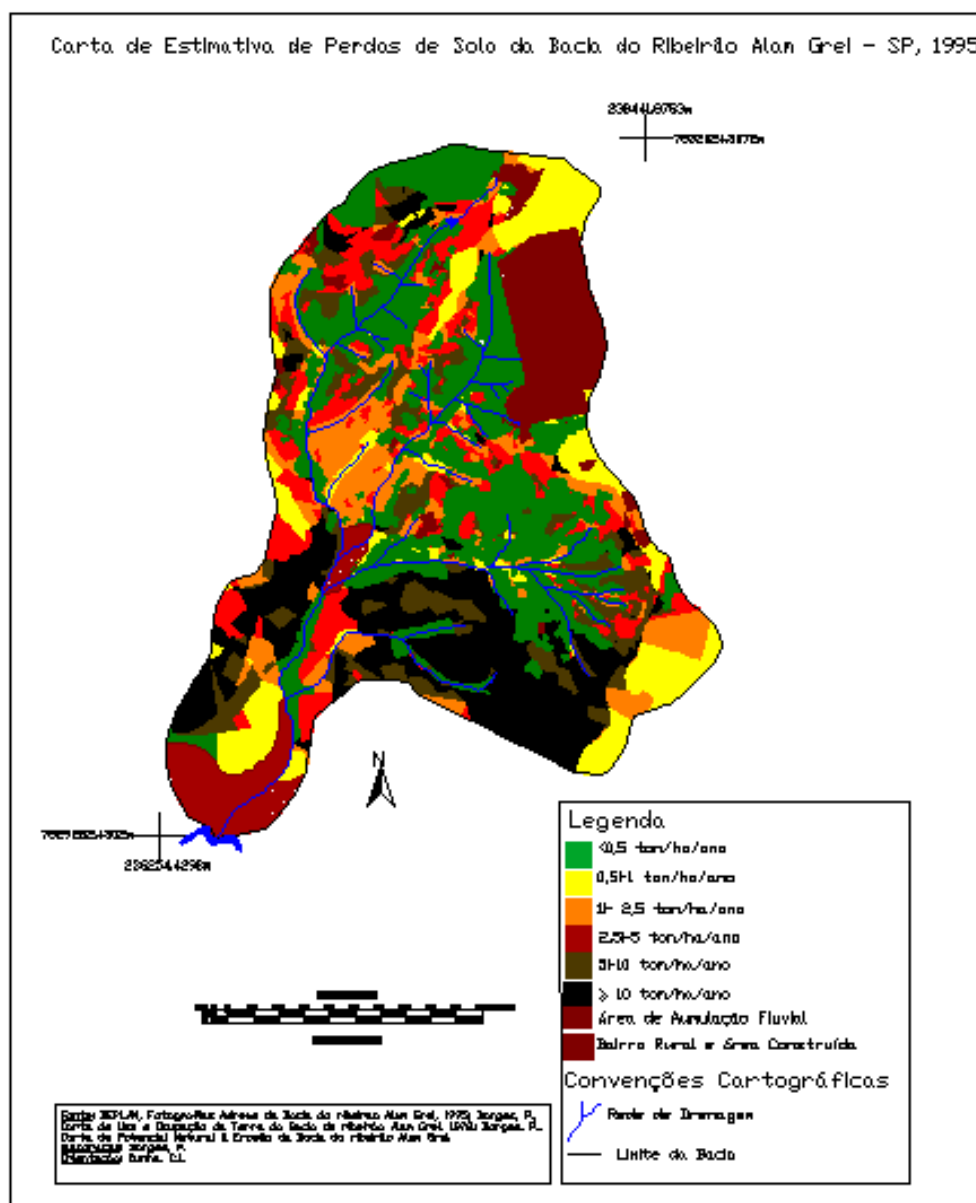


Figura 13 – Carta de Estimativa de Perdas de Solo da bacia do ribeirão Alam Grei - SP, 2008.

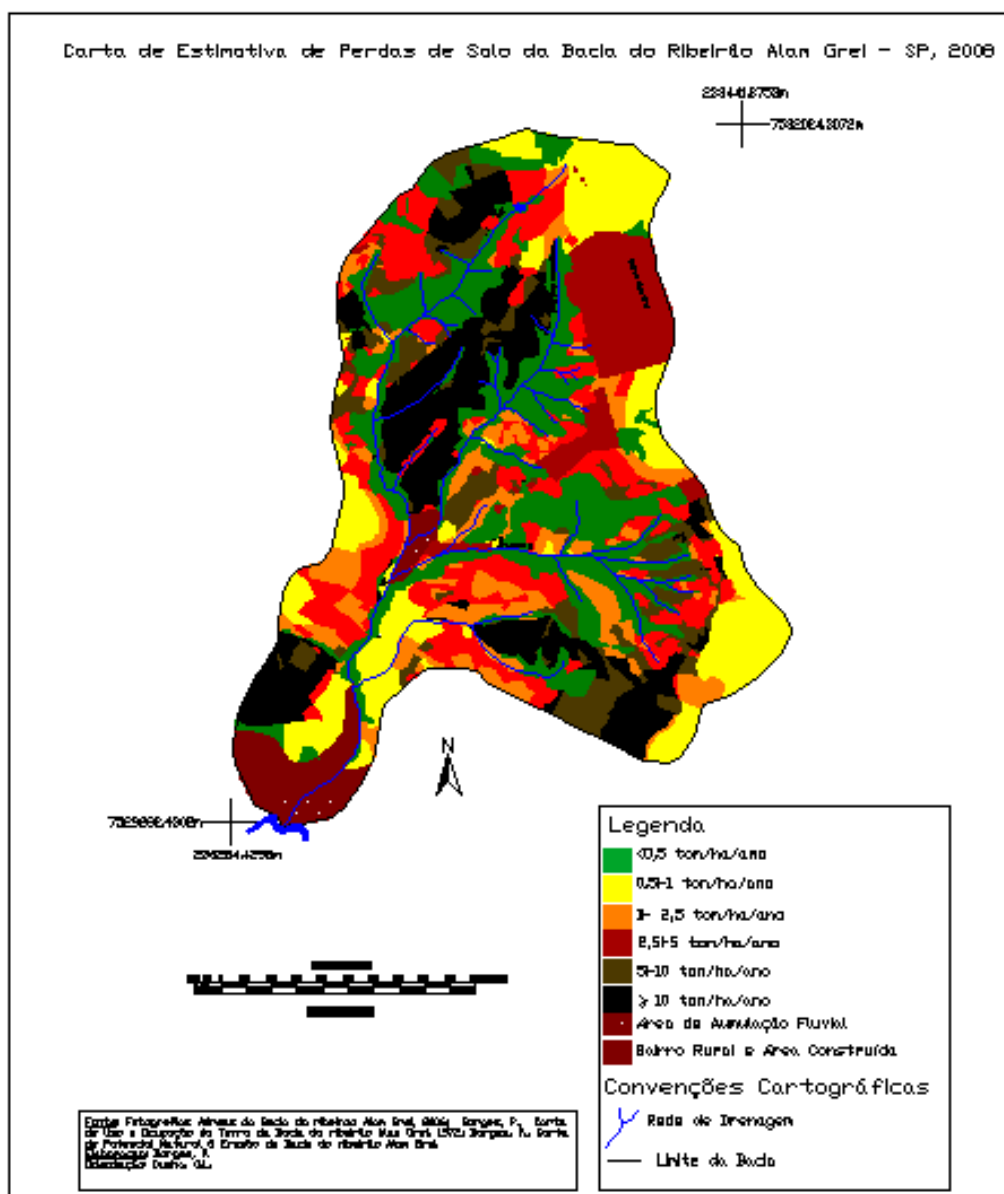
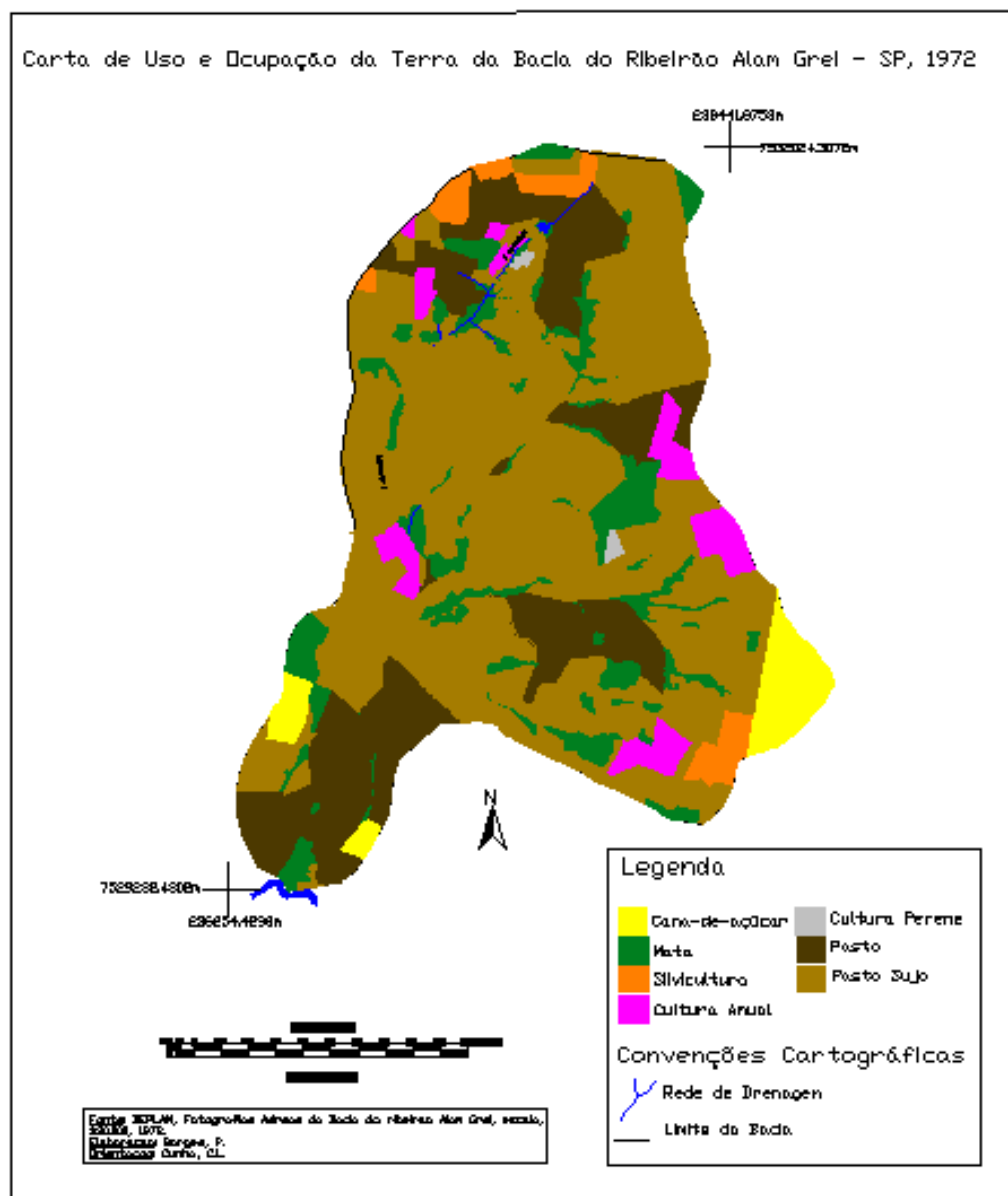


Figura 14 – Carta de Uso e Ocupação da Terra da bacia do ribeirão Alam Grei – SP, 1972.



e apenas 13% da área era recoberta pela vegetação original. Assim, apenas 13% da área da bacia se destinava aos demais usos, sendo 3,1% à silvicultura, 4,6% à cultura anual, 3,9% ao cultivo da cana-de-açúcar e 0,3% à cultura perene. Cabe ressaltar que no ano de 1972 não existia o bairro rural do Alam Grei e que, devido à escala da fotografia de 1972, não foi possível mapear as áreas construídas.

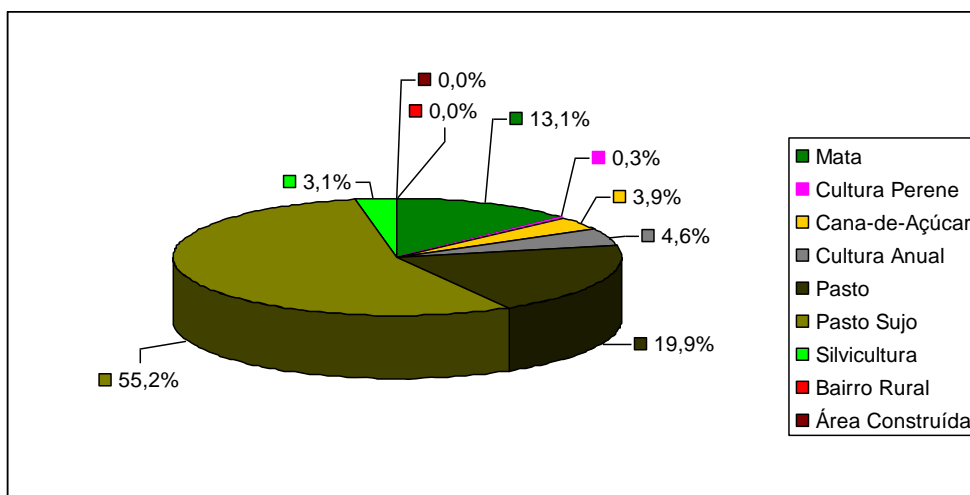
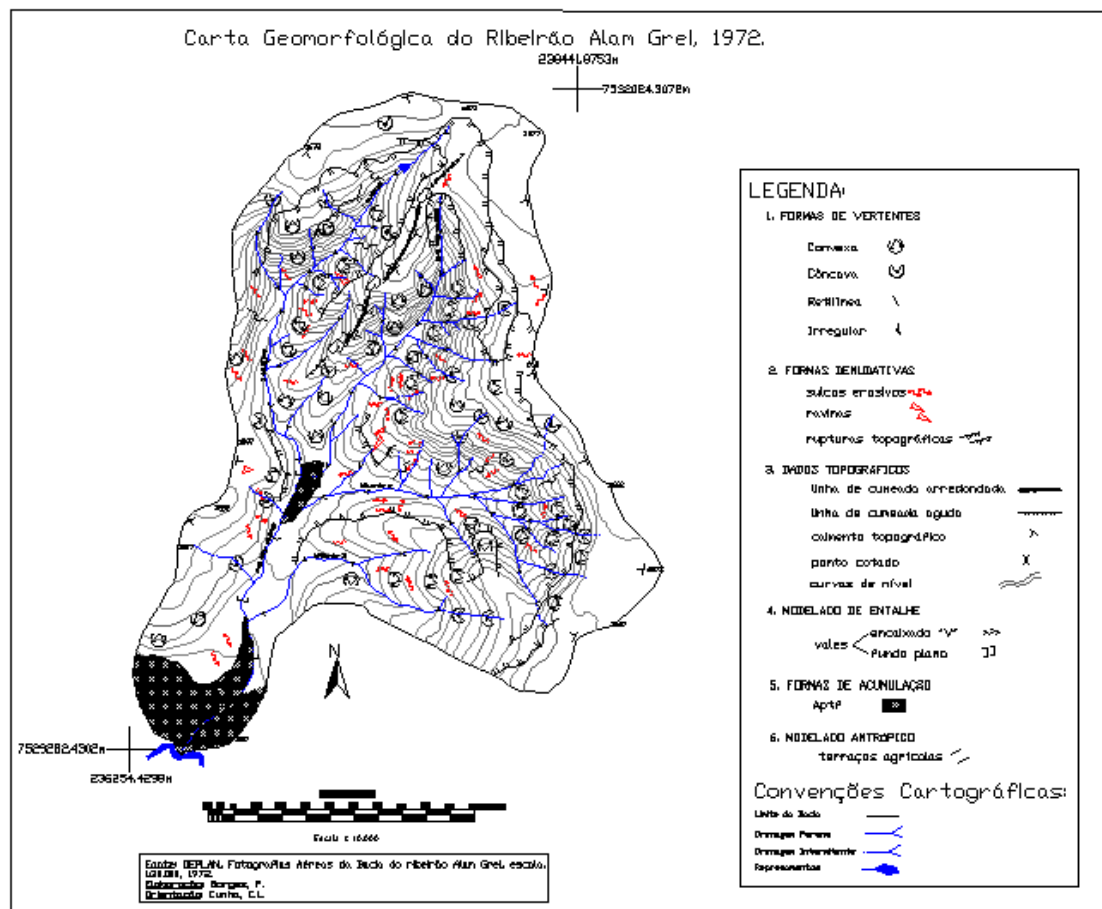


Gráfico 5 - A Distribuição das Classes de Uso da Terra na Área da bacia do Ribeirão Alam Grei - SP, em porcentagem, identificadas no ano de 1972.

As conseqüências deste uso e ocupação podem ser observadas na carta Geomorfológica do ano de 1972 (Fig. 15), por meio da qual foi possível identificar a presença de vários processos erosivos em dois estágios, especialmente, em sulcos e ravinas. O primeiro encontra-se distribuído por toda a área da bacia, justamente nas áreas utilizadas para pasto e pasto sujo. Neste cenário, só foi possível o mapeamento de três formas erosivas mais avançadas, as ravinas. A primeira se localiza a oeste da bacia, próxima ao limite da área, local este destinado à pastagem. A segunda pode ser encontrada a leste do afluente 1, bem junto a um canal de drenagem, logo abaixo de uma ruptura topográfica, onde a vertente possui forma convexa. O uso da terra também era destinado à pastagem neste local. A terceira ravina pode ser observada a oeste do afluente 2, também próxima a uma cabeceira de drenagem onde a pastagem era o uso neste período.

É importante observar que apesar de apresentar apenas 3 formas erosivas em estágio mais avançado, estas ravinas possuíam um tamanho bastante considerável, se levarmos em consideração a escala adotada para a presente pesquisa.

Figura 15 – Carta Geomorfológica da bacia do ribeirão Alam Grei – SP, 1972.



Foi possível verificar uma grande mudança no uso e ocupação da terra da bacia do ribeirão Alam Grei, no ano de 1995 (Fig.16), em relação ao ano de 1972. Em primeiro lugar, é significativo o avanço do cultivo da cana-de-açúcar em sua porção sul e sudeste, na margem esquerda do ribeirão Alam Grei, nas margens direita e esquerda do afluente 3 chegando às áreas de limite da bacia a sudeste. É importante ressaltar que toda essa área de cultivo da cana-de-açúcar possui práticas conservacionistas, porém, mesmo com a utilização destas, este uso representa um alto índice no cálculo das perdas de solo pela EUPS.

Na carta geomorfológica de 1995 (Fig.17), foi possível verificar que nessas áreas de cultivo da cana-de-açúcar existem vários sulcos erosivos e uma quantidade considerável de processos erosivos em estágios mais avançados, as ravinas. Este fato se deve principalmente aos caminhos abertos no canavial, por onde traficam caminhões que transportam a cana-de-açúcar até as usinas de destino. Além disso, estas áreas são marcadas pelos vários terraços agrícolas e rupturas topográficas que demonstram o desequilíbrio desnudativo das vertentes, causado por esta prática agrícola.

Outro fato a ser analisado é que as áreas agrícolas, além de o cultivo da cana-de-açúcar, aumentaram bastante, tanto as culturas anuais quanto as perenes, que se encontram distribuídas por toda a bacia, merecendo destaque o cultivo anual de amora, utilizado para a criação do bicho-da-seda, na margem esquerda do afluente 1, entre as áreas de reflorestamento, já que esta ainda se encontra para tal uso nos dias de hoje. Esta área é marcada por uma seqüência de sulcos erosivos, rupturas topográficas e terraços agrícolas, causados, provavelmente, por esta forma de uso e manejo da terra.

Outra área agrícola de destaque é a cultura perene do café a nordeste da bacia que se encontra plantado juntamente com um pequeno pomar. Estes também continuam presentes nos dias de hoje. Cabe ressaltar que as áreas de cultura perene aumentaram significativamente na bacia, assim como as de cultura anual, que são as que possuem o maior valor de uso e manejo da terra no cálculo da EUPS.

Além disso, é possível registrar a presença do bairro rural do Alam Grei, já bem desenvolvido no ano de 1995 e, também, as áreas construídas que são bastante representativas neste ano de 1995. Um dos problemas observados nesta carta de uso e ocupação da terra é o fato de que este bairro já possuía, no ano de 1995, loteamentos margeando as cabeceiras de drenagem, o que se torna um grande problema ambiental, haja vista que isso pode comprometer a conservação destes mananciais. A carta geomorfológica do ano de 1995 mostra a intensidade dos processos erosivos

Figura 16 – Carta de Uso e Ocupação da Terra da bacia do ribeirão Alam Grei – SP, 1995.

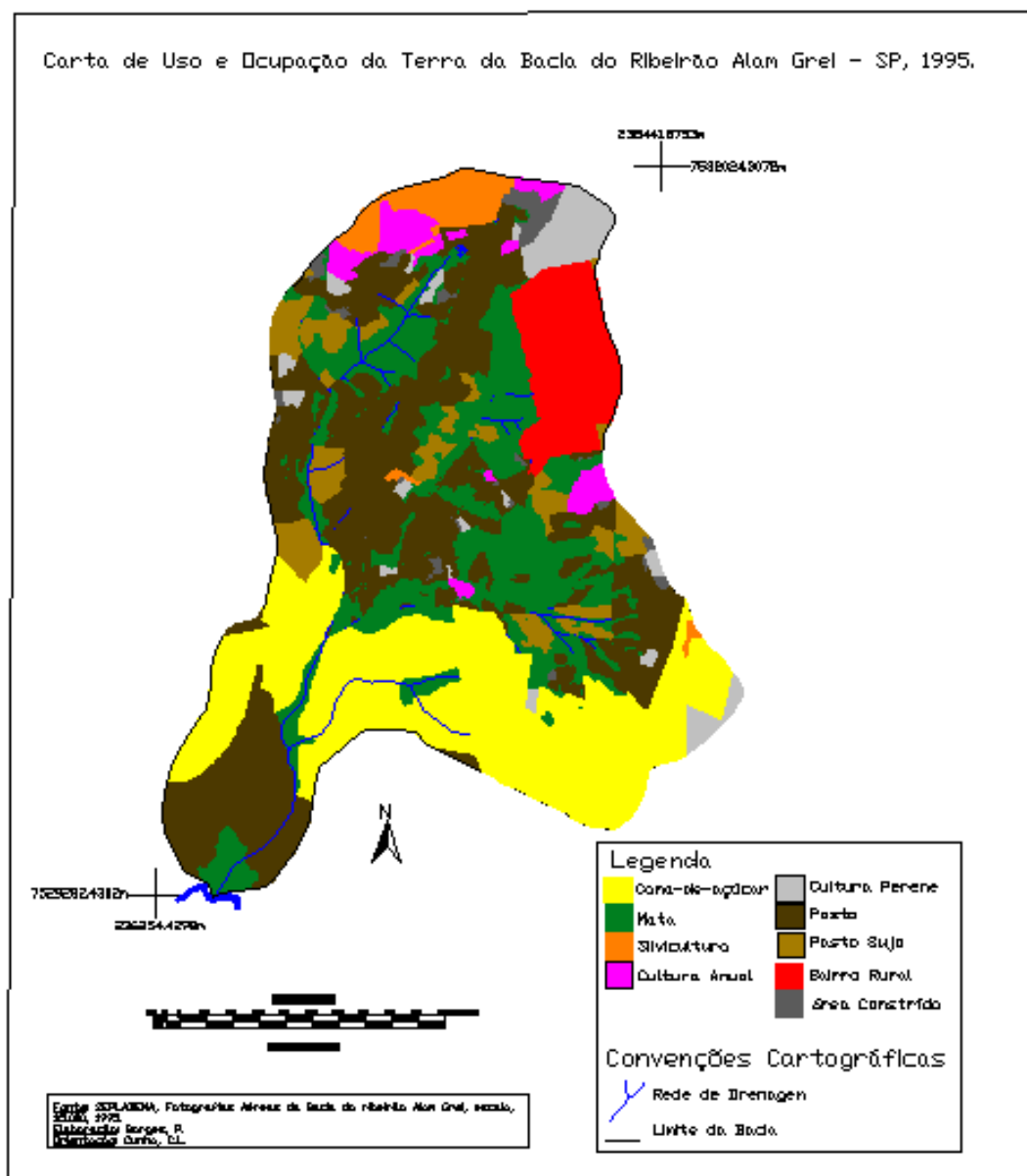
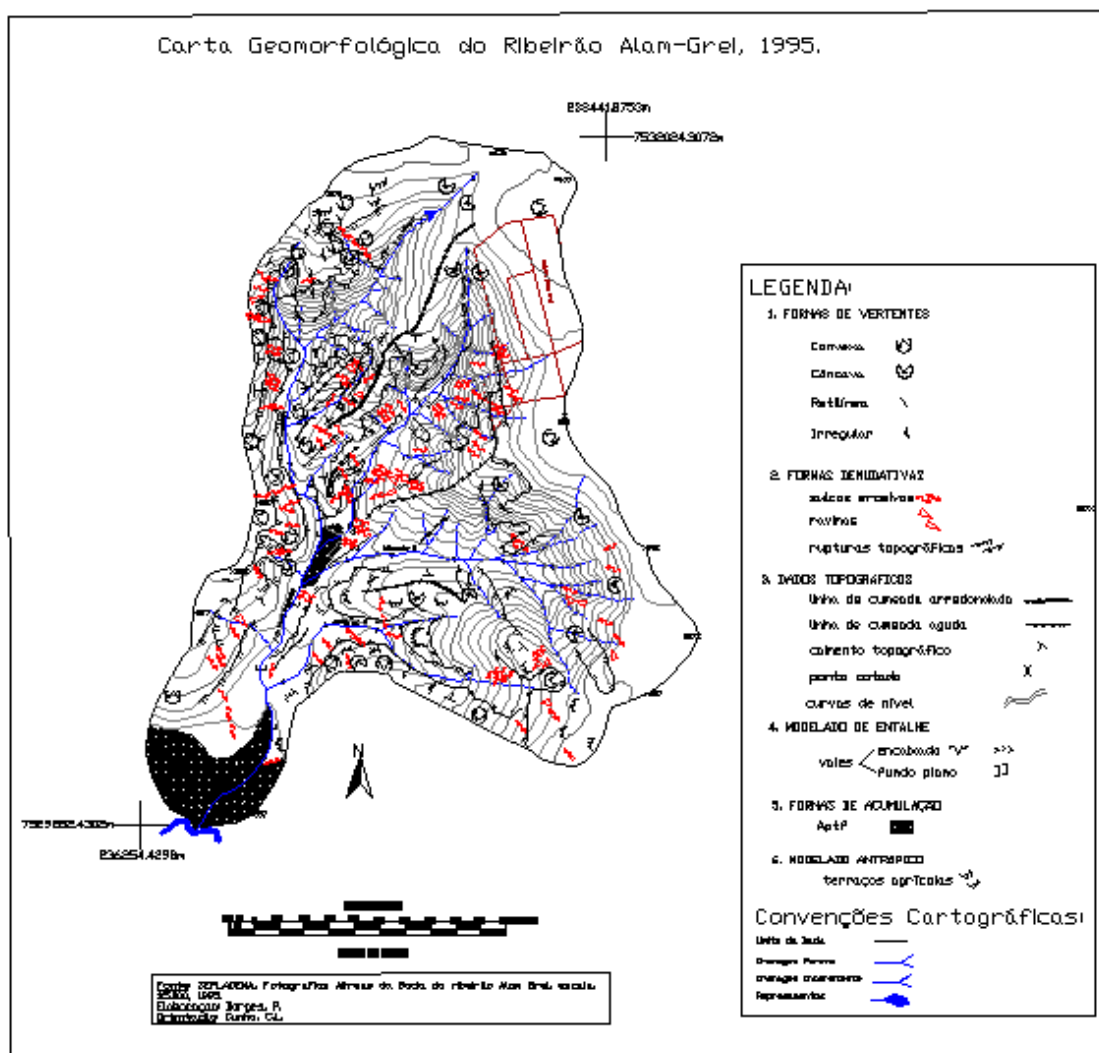


Figura 17 – Carta Geomorfológica da bacia do ribeirão Alam Grei – SP, 1995.



na margem direita do ribeirão Alam Grei, local onde se encontra o bairro rural. Os sulcos erosivos se concentram nos pequenos interflúvios entre os afluentes do ribeirão Alam Grei, a jusante do loteamento, mesmo estes sendo ocupados pela mata ciliar. Os sulcos também se encontram dentro dos loteamentos, já que em 1995 as ruas não eram pavimentadas e muitos lotes ainda não haviam sido totalmente ocupados, como observado nas fotografias aéreas da área.

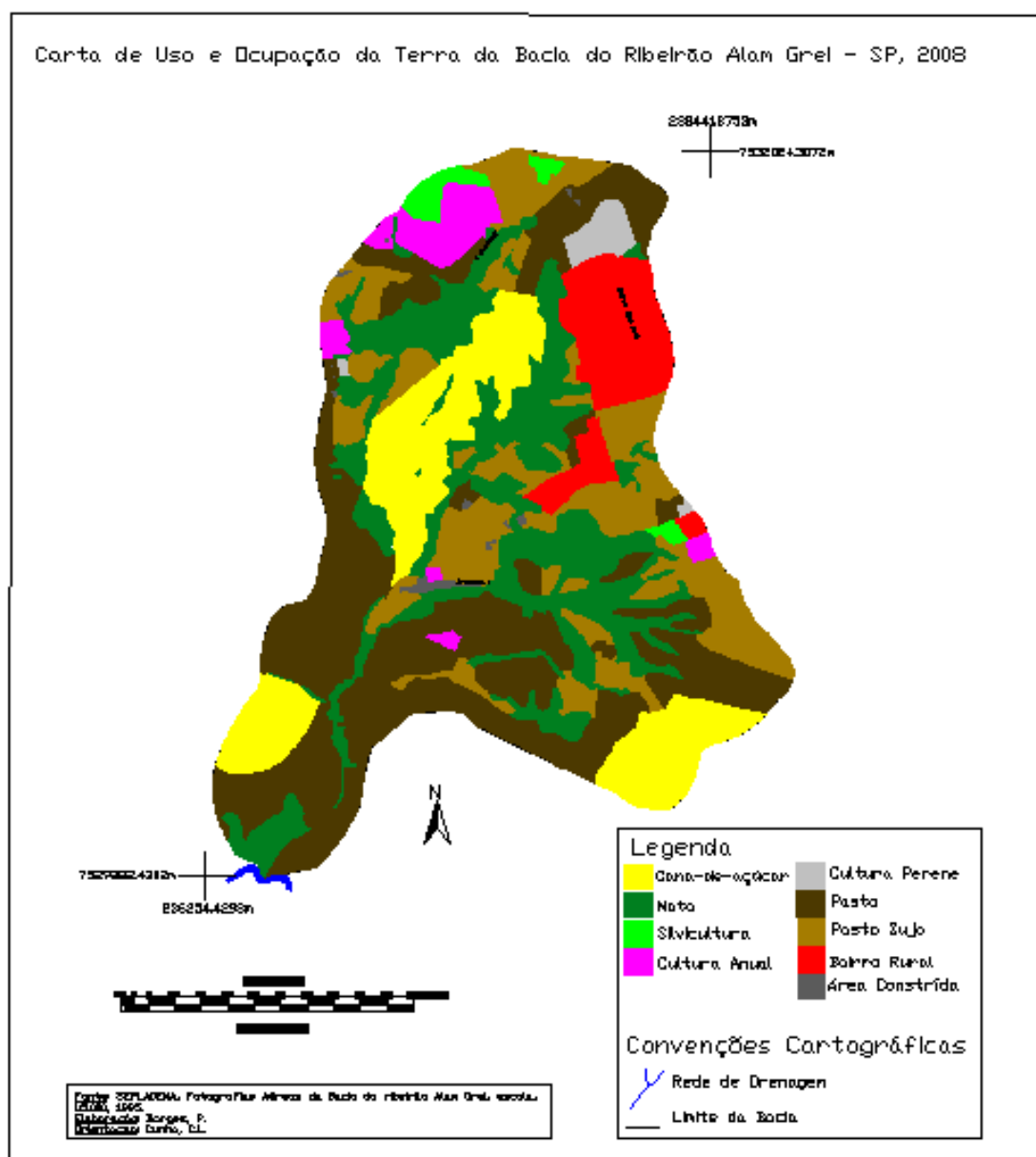
Todavia, é preciso considerar que, de forma geral, as áreas da mata ciliar obtiveram um aumento bastante significativo em toda a bacia. Áreas que antes eram ocupadas pelo uso de pastagem, como por exemplo, as margens do ribeirão Alam Grei, tiveram sua vegetação restaurada, seja pelo reflorestamento ou pela própria capacidade de regeneração da vegetação original. Além disso, verifica-se que, no norte da bacia, as áreas de silvicultura também cresceram significativamente e estas estão presentes também no cenário mais atual, de 2008, como se observa na Carta de Uso e Ocupação da bacia, no ano de 2008 (Fig. 18). Este fato faz com que as perdas de solo na bacia, de acordo com a EUPS, sejam bem menores nestas áreas, já que as matas e a silvicultura amenizam as estimativas de perdas de solo.

Entretanto, de maneira geral, foi possível constatar um aumento bastante significativo dos processos erosivos, sobretudo em forma de sulcos por toda a bacia no ano de 1995, fruto provável do aumento das práticas agrícolas e construções antrópicas sem que haja um manejo adequado para estas áreas.

Por meio do gráfico 6, que demonstra a distribuição espacial das classes de uso e ocupação da terra na bacia do ribeirão Alam Grei no ano de 1995, pode-se notar uma grande mudança de uso e ocupação da terra no ano de 1995 em relação ao ano de 1972. Neste cenário, os usos predominantes são o cultivo da cana-de-açúcar e as áreas de mata, que ocupavam 36,3% e 32,4% da área da bacia, respectivamente.

Também se constata que os 31,3% restantes da área da bacia estavam distribuídos entre os demais usos sendo: 5,6% para as culturas perenes, 2,0% para as áreas construídas, 5,0% para o bairro rural do Alam Grei, 3,9% para silvicultura, 6,5% para o pasto sujo, 5,0% para o uso de pastos e 3,4% da área da bacia era ocupada pela cultura anual.

Figura 18 – Carta de Uso e Ocupação da Terra da bacia do ribeirão Alam Grei – SP, 2008.



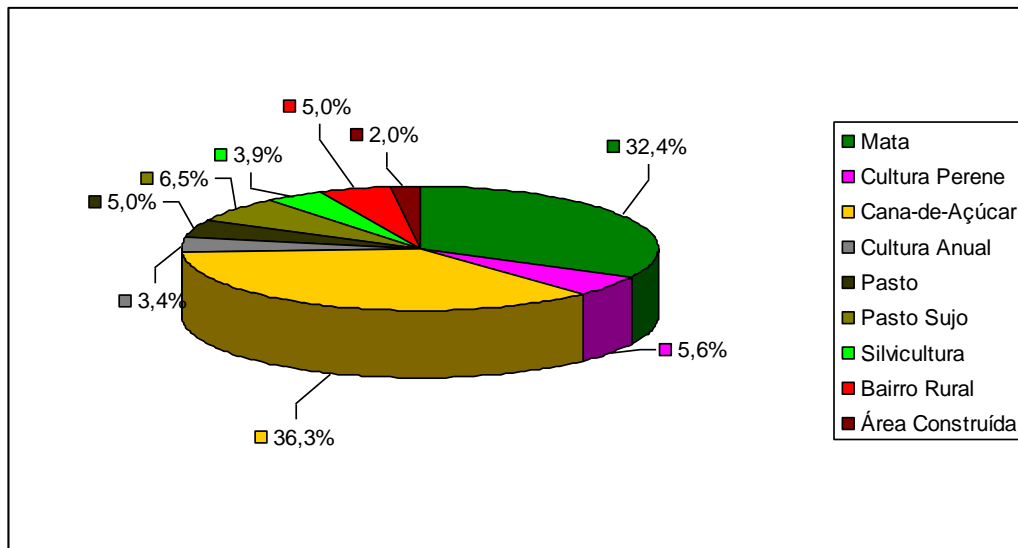


Gráfico 6 - A Distribuição das Classes de Uso da Terra na Área da bacia do Ribeirão Alam Grei - SP, em porcentagem, identificadas no ano de 1995.

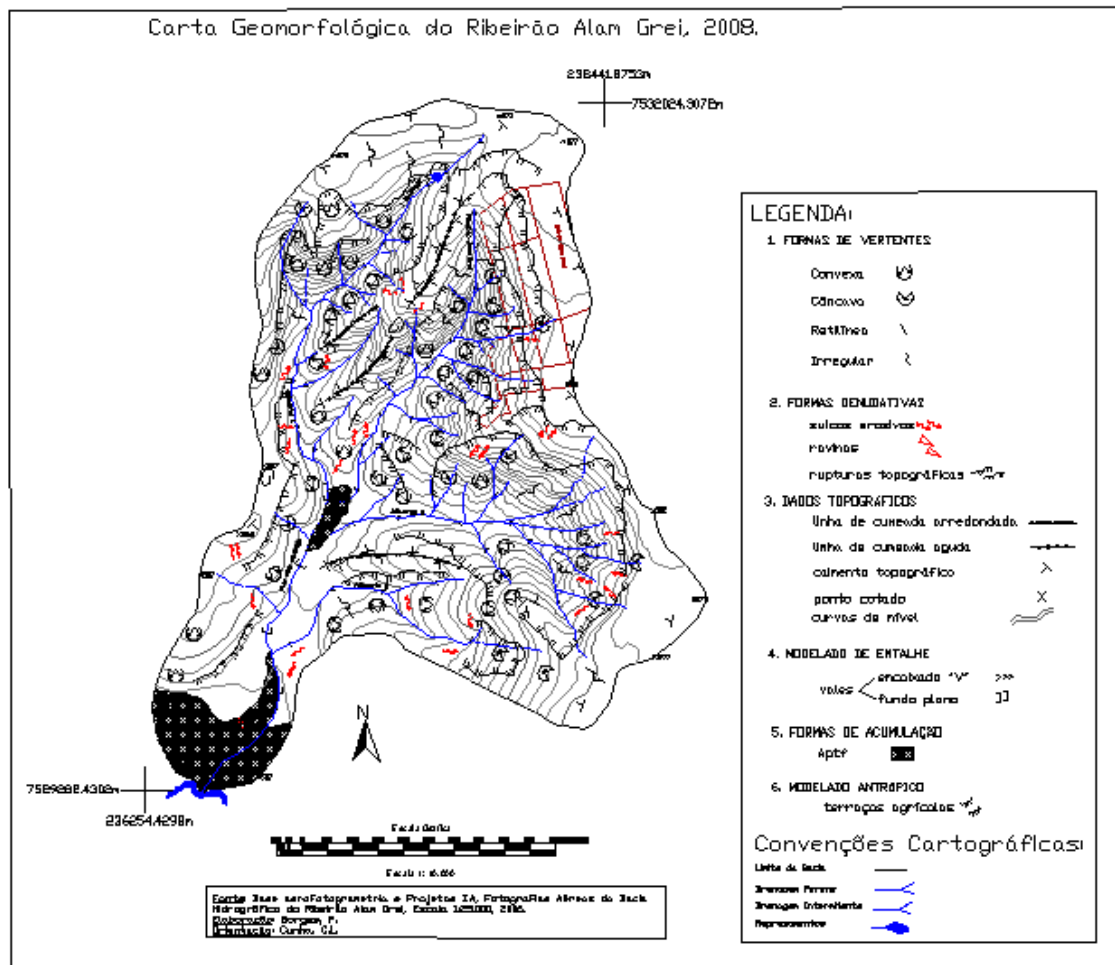
No ano de 2008, os processos erosivos continuaram bastante expressivos, como demonstra a Carta Geomorfológica deste ano (Fig.19), em especial os sulcos erosivos que, de forma geral, estão distribuídos por toda a área (foto 12 e 13).



Foto 12 e 13 – Sulcos Erosivos ao sul da bacia em áreas de pastagens.

Uma área interessante de ser analisada nos três cenários contemplados na pesquisa é o extenso interflúvio entre o ribeirão Alam Grei e o afluente 1, observado nas Cartas Geomorfológicas de 1972, 1995 e 2008. Esta área, em 1972, apresentava suas Linhas de cumeadas bem definidas, sendo possível observar uma série de colos entre estas linhas

Figura 19 – Carta Geomorfológica da bacia do ribeirão Alam Grei – SP, 2008.



agudas, resultado, provavelmente do uso e manejo do solo praticado no ano de 1972. Este fato pode ser comprovado ao se comparar este mesmo interflúvio na Carta Geomorfológica do ano de 1995, onde os colos não foram mais identificados e as linhas de cumeadas apareceram de uma maneira contínua, onde ora se mostrava de maneira aguda e ora de forma mais suave, arredondada.

Além disso, observa-se também que as rupturas topográficas no cenário de 1995 aumentaram bastante neste interflúvio, o que sugere um intenso desequilíbrio nas vertentes, causado, provavelmente, por esse manejo da terra intenso na bacia hidrográfica do ribeirão Alam Grei. Também se observa nesta área que foi possível mapear, no ano de 1995, as linhas de cumeada de menor extensão, como a que separa o afluente 1 de uma outra drenagem de menor extensão. Todavia, neste pequeno trecho é possível avaliar que os processos erosivos são intensos, sobretudo na vertente que drena para o pequeno córrego. Nesta há a possibilidade de observar vários sulcos erosivos e uma ravina com extensão territorial considerável. As rupturas topográficas nesta vertente também demonstram um desequilíbrio grande, já que estas são bem marcantes na vertente analisada.

O ponto interessante é que nesta área o uso e ocupação da terra, em 1995, continuam sendo o pasto e o pasto sujo, porém com algumas alterações bastante significativas. Primeiramente, já foi possível constatar que as áreas de mata ciliar aumentaram consideravelmente no período, ocupando, em 1995, praticamente toda a margem esquerda do ribeirão Alam Grei e a margem direita do afluente 1. Também foi possível notar que já aparecem na margem esquerda do ribeirão Alam Grei áreas utilizadas para a prática de culturas perenes, áreas construídas e também de silvicultura. As áreas de culturas perenes e áreas construídas também aparecem na margem direita do afluente 1. Considerando que se trata de um período de 23 anos, entre 1972 e 1995, é possível que esta área tenha sofrido outras alterações de uso e manejo que tornaram viável a grande alteração nas formas denudativas e nos dados topográficos deste interflúvio, sobretudo no que concerne aos processos erosivos, às rupturas topográficas e às linhas de cumeadas.

No cenário mais atual de 2008, verifica-se que este interflúvio volta a ter o aparecimento de colos, interferindo na continuidade da linha de cumeada presente. Constata-se também que as linhas de cumeadas continuam bastante agudas, tornando-se mais arredondadas nas áreas nas quais a declividade do terreno é menos acentuada. Fato interessante é verificar que neste interflúvio, antes ocupado por vários sulcos erosivos e

grandes rupturas topográficas no ano de 1995, neste cenário de 2008, estas formas denudativas ocorrem com bem menos intensidade. Todavia, quando verificado o uso e ocupação da terra do ano de 2008, percebe-se que todo este interflúvio deixou de ser área de pastagem, como verificado nos anos anteriores, e agora é utilizado para o cultivo da cana-de-açúcar (foto14 e 15).



Foto 14 – Cultivo de Cana-de-açúcar no interflúvio que separa o Afluente 1 e o ribeirão Alam Grei. Plantio se aproxima dos fundos de vale.



Foto 15 – Cultivo de Cana-de-açúcar no interflúvio que separa o Afluente 1 e o ribeirão Alam Grei, visto por outro ângulo. Na vertente em primeiro plano ocorrem áreas de mata ciliar em meio a pasto sujo. As setas indicam a presença de processos erosivos.

fato este que pode ter mascarado tais processos erosivos, bem como modificando as rupturas topográficas, em virtude do preparo da terra para a plantação da cana-de-açúcar, que, segundo depoimento do proprietário, é recente.

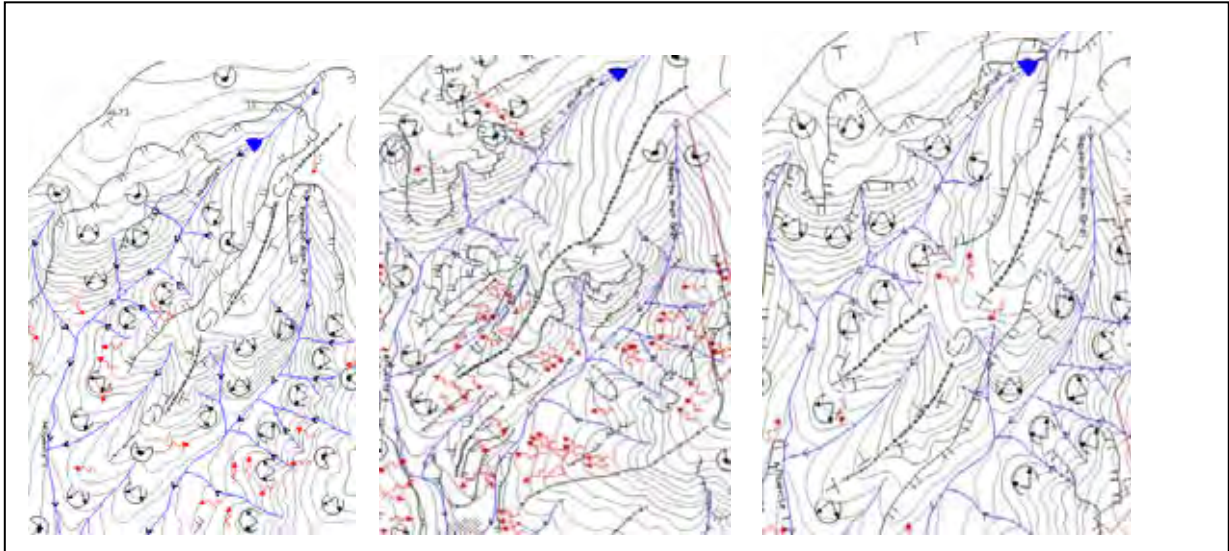


Fig.20 – Recorte da Carta Geomorfológica – Interflúvio entre o afluente 1 e ribeirão Alam Grei, 1972, 1995 e 2008, respectivamente.

Verifica-se assim, mais uma vez, intensa dinâmica do uso e ocupação da terra que se faz presente de forma bastante nítida no sul e sudeste da bacia, onde áreas ocupadas inteiramente, no ano de 1995, pelo cultivo da cana-de-açúcar, no cenário atual, apresentam novamente o predomínio do uso para pastagem e pasto sujo (foto 16). As áreas de cultivo de cana-de-açúcar se reduziram, localizando-se agora apenas a sudeste e a oeste da bacia, no baixo curso do ribeirão Alam Grei.



Foto 16 - Áreas de Pastagem ao sul da bacia do ribeirão Alam Grei, apresentando formas erosivas.

Através das Cartas Geomorfológicas, verifica-se que, em 1995, o interflúvio entre os afluentes 2 e 3 apresentava o predomínio de uma linha de cumeada mais arredondada, tornando-se mais aguda nos setores mais altos do interflúvio. Este fato se inverteu no ano de 2008, no qual se verifica que a linha de cumeada vai se tornando mais arredondada nas altitudes superiores. Além disso, não é verificada mais a presença dos terraços agrícolas e das rupturas de vertente, presentes no ano de 1995, em razão do uso e manejo da terra para o cultivo da cana-de-açúcar.

A dinâmica do uso e ocupação também é constatada nas outras áreas agrícolas, de culturas perenes e anuais, que em 2008 diminuíram consideravelmente em relação ao ano de 1995.

Verifica-se que, pelo menos, duas áreas se conservaram com a mesma prática agrícola do ano analisado anteriormente. A primeira refere-se às áreas de cultura anual, localizadas na margem esquerda do afluente 1, onde, além do cultivo de amora para a criação do bicho-da-seda, também são cultivados outros tipos de culturas. Além desta, verifica-se que a cultura de café, a nordeste da bacia, apesar de ter tido sua área diminuída, continua sendo praticada.

Quanto às áreas de mata, verifica-se que, em geral, em particular as matas ciliares, continuaram a ter um crescimento, ainda que menos acentuado (foto 17 e 18). Todavia, nota-se que as matas ciliares da margem direita do ribeirão Alam Grei foram bastante reduzidas neste período, em virtude do avanço do bairro rural e da criação de pastagens ao redor do bairro (foto 19 e 20). Além disso, constata-se que as áreas de silvicultura no norte da bacia também foram reduzidas, dando lugar à agricultura perene e a áreas de pastagens.



Foto 17 – Mata Ciliar, margem esquerda ribeirão Alam Grei.



Foto 18 – Mata Ciliar, margem esquerda do Afluente 1.



Foto 19 – Loteamentos já atingem o fundo de vale do ribeirão Alam Grei.



Foto 20 – Mata Ciliar comprometida no bairro do Alam Grei.

O gráfico 7 apresenta a distribuição das classes de uso e ocupação na área da bacia do ribeirão Alam Grei, no ano de 2008:

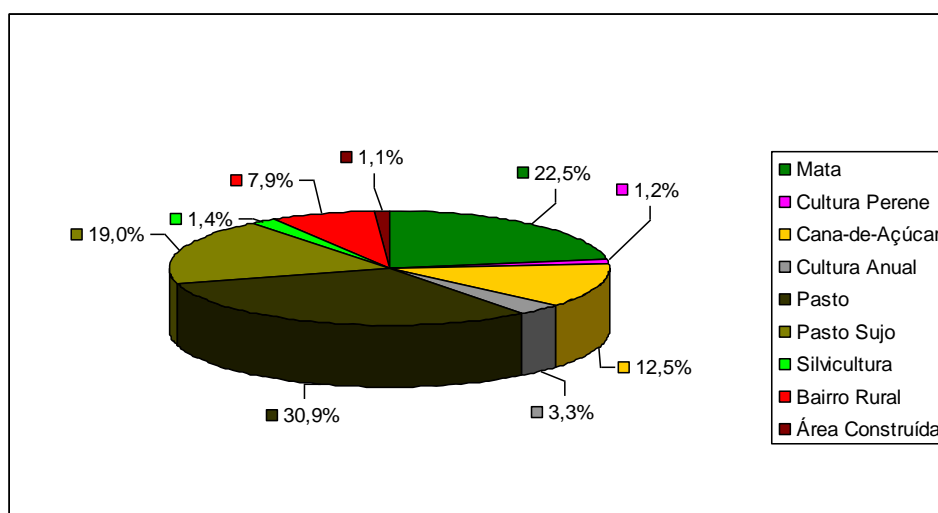


Gráfico 7 - A Distribuição das Classes de Uso da Terra na Área da bacia do Ribeirão Alam Grei - SP, em porcentagem, identificadas no ano de 2008.

Constata-se que, no ano de 2008, metade da área da bacia do ribeirão Alam Grei era ocupada em especial por pastos e matas, o que representava 30,9% e 22,5% da área da bacia, respectivamente. A outra metade se distribuía em 3,3% para culturas anuais, 12,5% para o cultivo da cana-de-açúcar, 1,2% para as culturas perenes, 1,1% de áreas construídas, 7,9% ocupado pelo bairro rural do Alam Grei, 1,4% para a silvicultura e 19,2% de pasto sujo.

Considera-se que o crescimento significativo do bairro do Alam Grei foi responsável pelo aumento do número de feições que indicam processos denudativos (fotos 21, 22, 23 e 24), especialmente quanto às rupturas topográficas, criadas pelo aterramento do relevo para a construção das vias de circulação que, ainda em 2008, continuam sem pavimentação, como verificado *in loco*.



Fotos 21 e 22 – Feições que indicam a ação dos processos erosivos encontradas no bairro do Alam Grei.



Fotos 23 e 24 – Feições Erosivas encontradas nas margens das ruas sem pavimentação do bairro do Alam Grei.

O gráfico a seguir apresenta a variação na distribuição das classes de uso e ocupação da terra na bacia do ribeirão Alam Grei. Por meio dele é possível verificar a dinâmica do uso e ocupação da terra nos anos de 1972, 1995 e 2008.

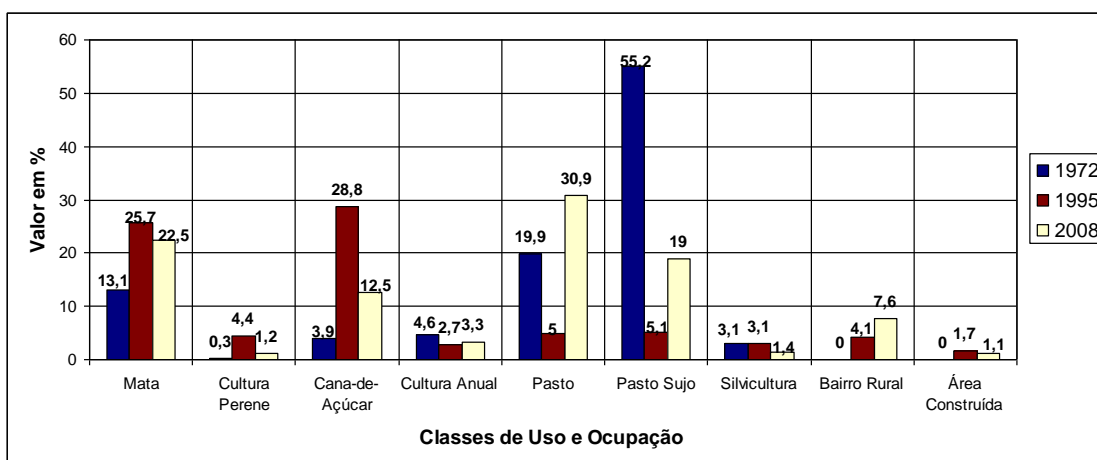


Gráfico 8 – Variação na distribuição das Classes de Uso e Ocupação da Terra na Bacia do Ribeirão Alam Grei, em porcentagem, identificadas nos anos de 1972, 1995 e 2008.

Constata-se que não existe uma única forma de uso que tenha se sobressaído nos três cenários analisados, ao contrário, em cada ano verifica-se que houve o predomínio de usos distintos, sendo que em 1972 predominava o uso de pasto sujo ocupando 55,2% da área da bacia, ao passo que no ano de 1995 o uso predominante era o da cana-de-açúcar, com 28,8%, seguido das matas que ocupavam 25,7% da área da bacia. Já no ano de 2008, observa-se o predomínio das áreas de pastagem que ocupavam 30,9% da área da bacia.

É importante destacar o crescimento das áreas de mata que em 1972 ocupavam apenas 13% da área da bacia, aumentando significativamente em 1995, com 25,7%, e caindo sensivelmente para 22,5%, em 2008. As culturas perenes nunca obtiveram uma posição de destaque na bacia, já que em 1972 ocupavam 0,3% da área da bacia, 4,4% em 1995 e 1,2% no ano de 2008, ao contrário do cultivo da cana-de-açúcar, que apesar de, em 1972, ocupar apenas 3,9% da área da bacia, aumentou para 28,8% sua área em 1995, caindo para 12,5%, em 2008.

Já as culturas anuais não tiveram grandes oscilações, ocupando 4,6% da área da bacia em 1972, caindo para 2,7% em 1995 e aumentando novamente em 2008, quando ocupava 3,3% da área da bacia. Quanto às áreas de pasto, estas tiveram grandes mudanças de extensão territorial nos três cenários analisados. Em 1972, ocupavam 19,9% da área da bacia, caindo significativamente para 5%, em 1995, e aumentando para 30,9%, em 2008. Grandes oscilações territoriais também apresentaram as áreas de pasto sujo que, em 1972, ocupavam mais da metade da área da bacia com 55,2%. Em 1995, essas áreas diminuíram para 5,1% e em 2008 passaram a ocupar 19% da área total da bacia do ribeirão Alam Grei.

As áreas de silvicultura apresentaram a mesma porcentagem nos anos de 1972 e 1995, quando ocupavam 3,1% da área da bacia, caindo para 1,4% em 2008. O bairro rural do Alam Grei não existia no ano de 1972, porém, no ano de 1995 já representava 4,1% da área da bacia, aumentando ainda mais em 2008, quando ocupava 7,6% da área total da bacia. Quanto às áreas construídas, em 1972 estas não foram possíveis de serem identificadas em razão da escala da fotografia aérea. No ano de 1995, elas representavam 1,7% da área da bacia e, em 2008, representavam 1,1% da mesma.

A Carta de Potencial Natural à Erosão (PNE) demonstra que esta área, onde hoje se encontra o bairro do Alam Grei, apresenta classes com valores altos de PNE, que variam entre médio e muito forte nas médias e baixas vertentes, fato este relacionado às

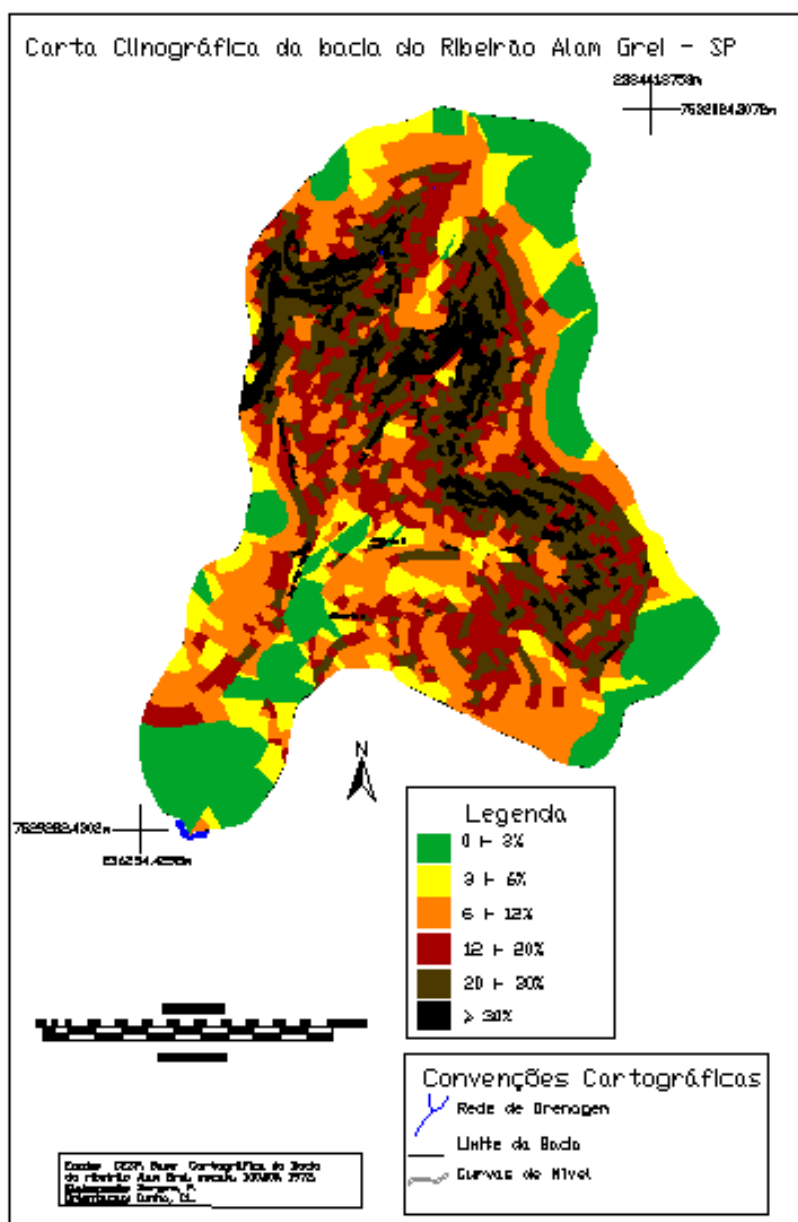
altas classes de declividade (Fig. 21), neste setor da vertente que variam, especialmente, de 12% a $\geq 30\%$ (foto 25). Além disso, estas áreas localizadas nas médias e baixas vertentes possuem tipos de solos, os Neossolos Litólicos e os Argissolos, que, no cálculo da EUPS, apresentam os mais altos valores de erodibilidade entre os tipos de solo da bacia do ribeirão Alam Grei.



Foto 25 - Bairro do Alam Grei ao fundo, demonstrando grande declividade do relevo, desde o topo até o fundo de vale.

No ano de 1972, o bairro rural do Alam Grei ainda não existia, e essas áreas possuíam uso para pasto e pasto sujo. Assim, a classe predominante de Perdas de Solo desta área era de 2,5 | 5 ton/ha/ano nas médias e baixas vertentes. Já nas altas vertentes, nas quais a classe de PNE é Muito Fraca, a classe de perdas de solo é de 0,5 | 1 ton/ha/ano. Nos anos de

Figura 21 – Carta de Declividade da bacia do ribeirão Alam Grei – SP.



1995 e 2008, o bairro rural do Alam Grei já estava bastante desenvolvido e, assim, essas áreas não foram consideradas no cálculo de perdas de solo pela EUPS.

Outro setor da bacia que apresenta valores bastante altos de Potencial Natural à Erosão são as áreas de nascentes do afluente 2. Esta área possui vertentes com declividades muito acentuadas, como demonstra a Carta Clinográfica da Bacia do ribeirão Alam Grei, onde predominam as classes entre 12% a $\geq 30\%$ que, associadas aos Neossolos Litólicos, fazem com que esta área possua, predominantemente, a classe de PNE Muito Forte. Assim, estas áreas também possuíam altos valores de perdas de solo no ano de 1972, já que o uso da terra, sobressalente, era o pasto sujo, que possui um valor alto no cálculo de perdas de solo na EUPS. Em 1972, a classe predominante de perdas neste setor era de 5 | 10 ton/ha/ano. No ano de 1995, estas áreas continuam tendo altos valores de perdas de solo, já que o uso predominante continua sendo o pasto e o pasto sujo. Porém, já é possível notar as matas ciliares margeando os cursos da água, o que faz com que nas baixas vertentes a classe de perdas seja menor. Assim, neste ano constata-se que as classes variam bastante de 2,5 a > 10 ton/ha/ano, nas médias vertentes e $\leq 0,05$ ton/ha/ano, nos locais ocupados pela vegetação das matas ciliares. No ano de 2008, o cenário não se modificou muito em relação ao de 1995. As áreas de pasto são predominantes, porém as áreas de mata também aumentaram, o que faz com que os valores de perdas continuem variando bastante nas médias vertentes, como no ano de 1995, mas possuíam uma classe bem menor nos locais ocupados pelas matas, $< 0,05$ ton/ha/ano.

A classe de PNE Muito Forte é predominante também nos interflúvios entre as nascentes do afluente 3. Este fato ocorre em virtude desta área apresentar alto valor do fator topográfico no cálculo de perdas de solo da EUPS. Apesar da sua declividade não ser tão acentuada quanto à do setor analisado anteriormente, variando de 6% a 20%, estas vertentes possuem uma extensão muito grande, o que se reflete diretamente no fator topográfico. Conseqüentemente, seu potencial erosivo é de classe Muito Forte, já que está aliado aos solos do tipo Neossolos Litólicos, que predominam nesta área. Em 1972, estas áreas eram ocupadas pelo uso de pasto e pasto sujo, fazendo com que a classe dos valores de perdas de solo fosse também alta, predominando a ≥ 10 ton/ha/ano. Em 1995, os valores de perdas não mudaram muito neste setor, já que o uso da terra era destinado ao cultivo da cana-de-açúcar, fazendo com que estes setores também apresentassem valores de perdas ≥ 10 ton/ha/ano. Porém, nas baixas vertentes, onde já se registravam matas ciliares em extensões significativas, esta classe de perda caiu muito e

chega a $< 0,05$ ton/ha/ano. É importante ressaltar que, no ano de 1995 toda a área ocupada pelo cultivo da cana-de-açúcar nas áreas de cabeceiras e margens direita e esquerda do afluente 3 possuía altas classes de perdas de solo que variavam de $5 \text{ } \vdash \text{ } 10$ ton/ha/ano e ≥ 10 ton/ha/ano. Este fato se deve ao motivo do valor do cultivo da cana-de-açúcar na Equação de Perdas de Solo, mesmo com práticas conservacionistas, ser alto. No ano de 2008, o cenário neste setor continuava muito parecido com o de 1972 e 1995, onde o uso da terra predominante eram os pastos e pastos sujos. Porém, constata-se uma vegetação de mata ainda maior do que em 1995, margeando os cursos de água. Este fato faz com que a classe de perdas predominante seja ≥ 10 ton/ha/ano, tornando-se menor apenas nas áreas ocupadas pelas matas, onde a classe é de $< 0,05$ ton/ha/ano.

Também se constata que na margem esquerda do ribeirão Alam Grei, em seu baixo curso, há a presença de altas classes de PNE. Este pequeno setor apresenta declividades maiores que o seu entorno e também a presença dos Neossolos Litólicos, o que torna a sua classe de perda Muito Forte.

Na margem esquerda do afluente 1, no setor do seu alto curso, também pode-se verificar o predomínio das classes Forte e Muito Forte de Potencial Natural à Erosão. Estas áreas possuem classes de declividade muito altas, que variam entre 20 a $\geq 30\%$. Além disso, há a presença dos Neossolos Litólicos e dos Argissolos, o que torna estas áreas com valores de PNE, predominantemente, Forte e Muito Forte. Algumas destas áreas possuem declividades menores, com classes entre 6% a 20%. Porém, as extensões das vertentes são grandes, o que faz com que o fator topográfico possua um valor alto no cálculo das perdas de solo pela EUPS. Conseqüentemente, estas áreas possuem classes de PNE Forte. Este fato faz com que no ano de 1972, os valores de perdas neste setor variassem entre 2,5 a ≥ 10 ton/ha/ano, sendo menores apenas nos locais onde as matas constituíam a cobertura vegetal dos solos. Todavia, neste ano, o uso predominante na área eram os pastos. Já em 1995, as classes de perda de solo posicionam-se entre $2,5 \text{ } \vdash \text{ } 5$ ton/ha/ano, seguido da classe $5 \text{ } \vdash \text{ } 10$ ton/ha/ano. Este fato se deve ao uso ser mais variado, possuindo áreas de pasto, cultivo de cana-de-açúcar e cultura perene. Essas classes de perdas só diminuem nas baixas vertentes, ocupadas pelas matas ciliares. Já no ano de 2008, o uso oscilou bastante neste setor, que agora possui áreas de cultura anual, pasto, pasto sujo e uma extensão bem maior das matas. Nos locais onde predominam estas últimas, a classe de perdas de solo é a menor, $< 0,05$ ton/ha/ano. Nas áreas de pasto e pasto sujo variam de $2,5 \text{ } \vdash \text{ } 10$ ton/ha/ano. Já nas áreas

de cultura anual esta classe se torna mais alta, ≥ 10 ton/ha/ano, já que os valores de perdas das culturas anuais são os maiores na EUPS.

De maneira geral, verifica-se que, as classes mais baixas de PNE, da bacia do ribeirão Alam Grei, se concentram ao norte e extremo leste da bacia, nas áreas próximas ao limite da bacia. Este fato ocorre em razão da baixa declividade destes setores. Além disso, estas áreas apresentam uma associação de Latossolos, solos que apresentam o menor valor de erodibilidade na bacia do ribeirão Alam Grei, fatos estes que tornam estas áreas com valores de PNE Muito Fraco e Fraco. Assim, os valores de perdas de solo também são menores nestes locais, porém variam de acordo com o uso e ocupação da terra que cada local apresenta.

O interflúvio, que separa o ribeirão Alam Grei do afluente 1, apresenta predominantemente a classe de PNE Médio. Apesar de esta área apresentar valores altos de declividade, as extensões das vertentes são pequenas, o que faz com que o fator topográfico na EUPS seja menor. Os tipos de solos predominantes nesta área são os Neossolos Litólicos e a Associação de Argissolos. Todavia, é fato que neste interflúvio aparecem também várias áreas que possuem classes de PNE Medianamente Forte, Forte e Muito Forte. Estas são áreas nas quais o fator topográfico aumenta em virtude da declividade das vertentes e do comprimento das rampas serem mais pronunciados. Neste setor, no ano de 1972, o uso predominante era o pasto sujo. Poucas eram as áreas que possuíam matas ciliares. Conseqüentemente, os valores de perdas de solo neste interflúvio, em 1972, encontravam-se entre 2,5 | 10 ton/ha/ano, diminuindo para a classe de 1 | 2,5 ton/ha/ano apenas nos locais onde o PNE é menor. Em 1995, os tipos de uso não se alteram neste setor, onde há o predomínio dos pastos. Porém, constata-se que as áreas de mata aumentaram significativamente em extensão, o que faz com que os valores de perdas de solo neste interflúvio, em 1995, apresentem áreas extensas com a classe $< 0,05$ ton/ha/ano, e conseqüentemente, diminuam as áreas com classes de perdas que variam entre 2,5 | 10 ton/ha/ano. Já no ano de 2008, o uso da terra mudou radicalmente o cenário deste interflúvio, já que o cultivo da cana-de-açúcar é predominante em quase toda a sua extensão. Este fato faz com que as classes de perdas de solo predominante sejam de ≥ 10 ton/ha/ano. Esta classe cai para $< 0,05$ ton/ha/ano, apenas nas extensas áreas ocupadas pelas matas ciliares.

Cabe ressaltar que as áreas de fundo de vale, onde se encontram os Gleissolos, possuem valor de erodibilidade zero no cálculo de perdas de solo da Equação Universal de Perdas de Solo. Por este motivo, essas áreas de acumulação fluvial não foram

avaliadas em termos de perdas e aparecem sem valores associados nas cartas de PNE e EPS dos períodos analisados.

Nos gráficos abaixo (9, 10 e 11) é possível verificar a distribuição das classes de perdas de solo, na área da bacia do ribeirão Alam Grei em cada cenário analisado.

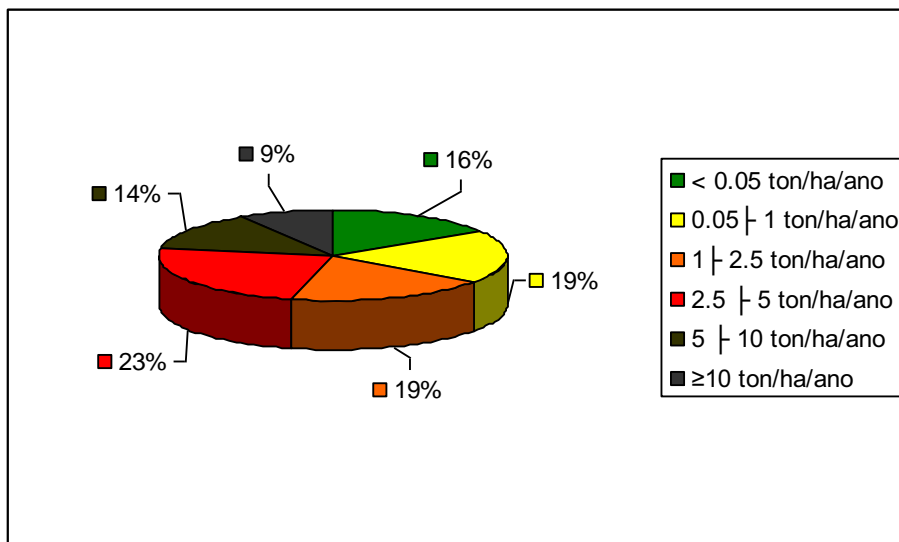


Gráfico 9 - Distribuição das Classes de Perdas de Solo, em porcentagem, na Bacia do Ribeirão Alam Grei - 1972.

Assim, em 1972, de maneira geral, observa-se que a classe predominante de perdas de solo é a que varia entre 2,5 | 5 ton/ha/ano, ocupando 23% da área total da bacia. As classes de perdas de solo 0,05 | 1 ton/ha/ano e 1 | 2,5 ton/ha/ano ocupavam cada uma 19%, enquanto que a menor classe < 0,05ton/ha/ano representava 16% da área da bacia. As duas maiores classes de perdas de solo 5 | 10 ton/ha/ano e ≥ 10 ton/ha/ano ocupavam 14% e 9% respectivamente da área total da bacia do ribeirão Alam Grei.

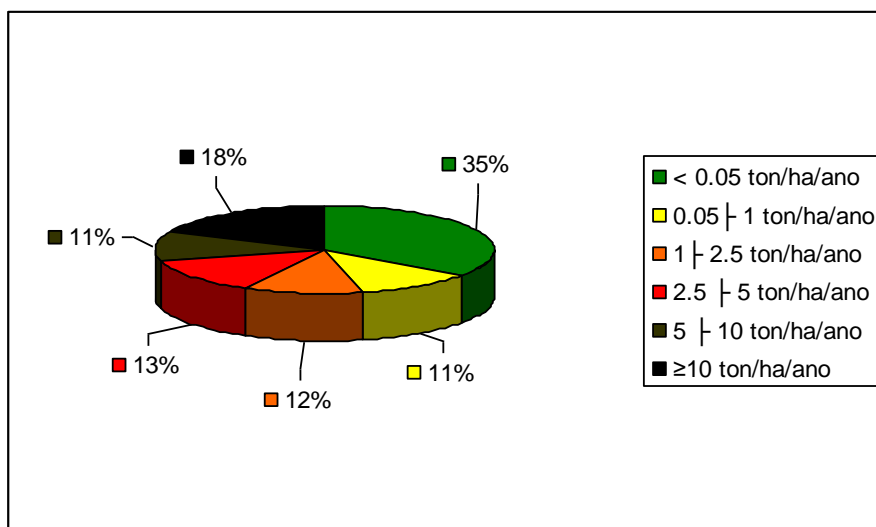


Gráfico 10 - Distribuição das Classes de Perdas de Solo, em porcentagem, na bacia do Ribeirão Alam Grei - 1995.

No ano de 1995, verifica-se, pelo gráfico 10, que a classe predominante de perdas de solo é a de $<0,05$ ton/ha/ano, representando 35% da área total da bacia. Em segundo lugar têm-se a classe de ≥ 10 ton/ha/ano que ocupa uma área de 18% em relação ao total da bacia. As demais classes não possuem grandes divergências em extensão territorial, e as classes de $0,05 \text{ } \vdash \text{ } 1$ ton/ha/ano e $5 \text{ } \vdash \text{ } 10$ ton/ha/ano representam 11% cada da área total da bacia, enquanto que as classes de $1 \text{ } \vdash \text{ } 2,5$ ton/ha/ano e $2,5 \text{ } \vdash \text{ } 5$ ton/ha/ano representam 12% e 13%, respectivamente da área total da bacia do ribeirão Alam Grei.

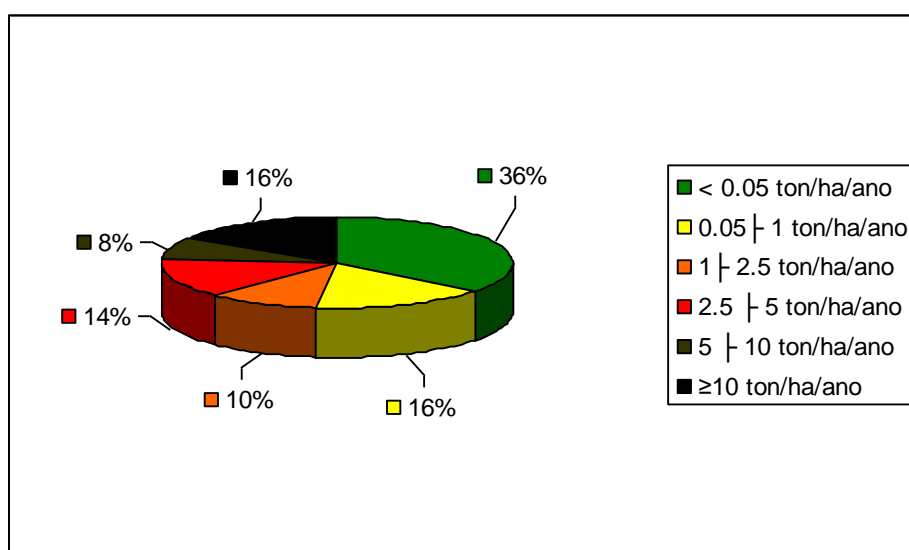


Gráfico 11 - Distribuição das Classes de Perdas de Solo, em porcentagem, na Bacia da Bacia do Ribeirão Alam Grei - 2008.

Já o gráfico 11 demonstra que no ano de 2008 a classe predominante de perdas de solo continua sendo a de $<0,05$ ton/ha/ano, que ocupa 36% da área da bacia. Em seguida, as classes de $0,05 \text{ } \vdash \text{ } 1$ ton/ha/ano e ≥ 10 ton/ha/ano aparecem no segundo lugar em extensão territorial, ocupando cada uma 16% da área da bacia. Em terceiro lugar, vem a classe de $2,5 \text{ } \vdash \text{ } 5$ ton/ha/ano, seguida da classe de $1 \text{ } \vdash \text{ } 2,5$ ton/ha/ano e de $5 \text{ } \vdash \text{ } 10$ ton/ha/ano, onde cada uma ocupa, respectivamente, 14%, 10% e 8% da área total da bacia do ribeirão Alam Grei.

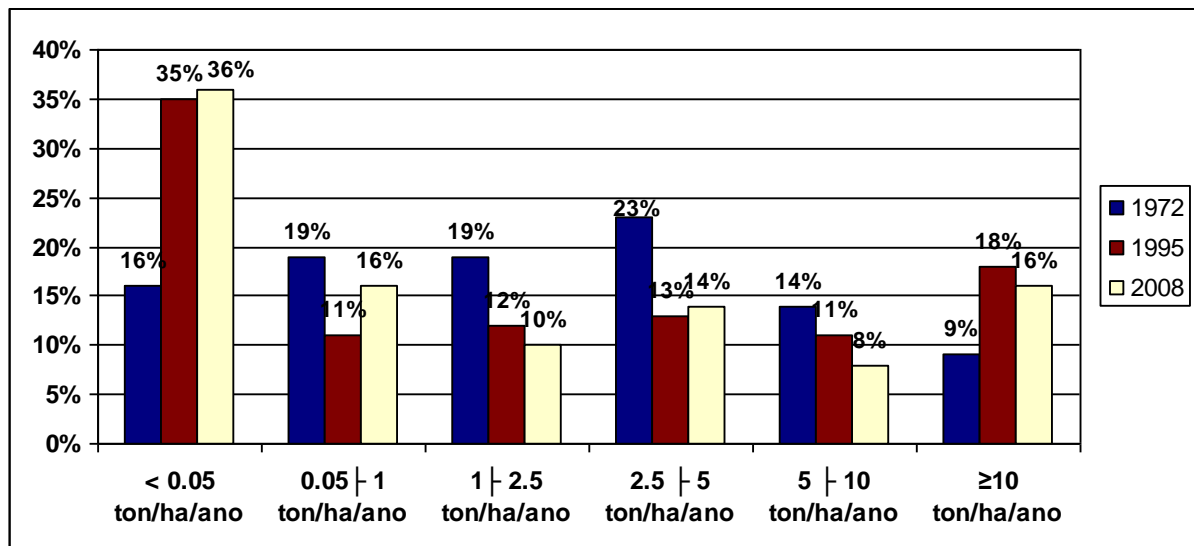


Gráfico 12 - A Variação da Distribuição das Classes de Perdas de Solo na Bacia do Ribeirão Alam Grei, em porcentagem (%), nos anos de 1972, 1995 e 2008.

Quanto à variação da distribuição das classes de perdas de solo na bacia do ribeirão Alam Grei nos anos de 1972, 1995 e 2008 (gráfico 12), constata-se que a menor classe, < 0,05 ton/ha/ano, teve um aumento significativo em 1995 e 2008 em relação ao ano de 1972. Esta cresceu de 16% em 1972 para 35% e 36%, respectivamente, em 1995 e 2008, indicando que a bacia do ribeirão Alam Grei vem apresentando significativa melhora quanto às perdas de solo. Este fato dá-se, sobretudo, em razão do aumento significativo das áreas de mata da bacia, como verificado anteriormente, nos anos de 1995 e 2008.

Da mesma maneira, obteve-se um aumento da classe de ≥ 10 ton/ha/ano que passou de 9% em 1972, para 18% em 1995 e 16% em 2008. À medida que a classe de 0,05 | 1 ton/ha/ano ocupava 19% da área da bacia em 1972, caindo para 11% em 1995 e aumentando para 16% em 2008.

Já a classe de perdas de solo de 1 | 2,5 ton/ha/ano diminuiu em 1995 e 2008 em relação ao ano de 1972. Neste último, esta ocupava 19% da área da bacia, caindo para 12% em 1995 e 10% em 2008. A classe de 2,5 | 5 ton/ha/ano ocupava 23% da bacia do ribeirão Alam Grei, tendo uma queda de 10% em 1995 quando chegou a 13%, aumentando para 14% em 2008. Quanto à classe de 5 | 10 ton/ha/ano, esta teve uma queda gradual, já que em 1972 ocupava 14% da área da bacia, caindo para 11%, em 1995, e 8%, em 2008.

Constata-se assim que, no geral, a bacia do ribeirão Alam Grei apresentou uma relativa melhora quanto às perdas de solo nos anos de 1995 e 2008, quando comparada

ao ano de 1972, visto que as classes de menor perda de solo obtiveram uma maior representação territorial e as classes de maior perda tiveram uma queda significativa, com exceção da classe de ≥ 10 ton/ha/ano, que aumentou.

Contudo, existem áreas que merecem um cuidado especial quanto ao uso e manejo da terra por possuírem classes altas de potencial à erosão. É possível constatar que a maioria das parcelas possui valores de PNE acima de 200 ton/ha/ano, chegando a valores próximos de 1.300 ton/ha/ano. É certo ressaltar que esses dados quantitativos foram transformados em classes qualitativas, já que não existem áreas desprovidas de uso e ocupação da terra.

As áreas de grande declividade de vertentes, aliadas a solos com altos valores de erodibilidade, devem possuir tipos de cobertura vegetal que neutralizem ou diminuam a força da ação dos agentes erosivos no solo. Contudo, como já visto nas Cartas de Uso e Ocupação da Terra, estas áreas nem sempre apresentam tais restrições. Isto se reflete nos valores de perdas de solos de cada cenário analisado, onde os valores de uso e ocupação da terra foram contabilizados juntamente com os dados do Potencial Natural à Erosão, como analisado anteriormente.

Quanto aos pinos de erosão, de acordo com a Carta de Potencial Natural à Erosão, a parcela experimental 1 se encontra na classe de potencial Muito Fraco. Porém, quando acrescentado ao uso e ocupação da terra, que para o local é de cultura anual, os valores de perdas se tornam altos, já que a cultura anual possui alto valor de perdas no cálculo da Equação Universal de Perdas de Solo. Assim, para o ano de 2008, a parcela foi instalada em uma área que apresenta a classe de perdas de solo de 5 | 10ton/ha/ano, classe esta que representa o quarto maior valor de perdas da bacia do ribeirão Alam Grei. Contudo, de acordo com as medidas obtidas durante um ano de experimentação, esta parcela não apresentou perdas de solo, ao contrário, se comportou como uma área deposicional já que houve, em pouco tempo de experimentação, o soterramento dos 25 pinos instalados dentro da parcela.

Desta forma, na Parcela experimental 1 constatou-se que a maioria dos pinos foram soterrados sem nem apresentarem medidas que indicassem as perdas de solo. Apenas os pinos de n. 6, 15, 17, 21 e 25 apresentaram perdas de solo nas primeiras 11 medidas, porém, na medida efetuada no dia 02 de Novembro de 2008, constatou-se que todos os pinos estavam soterrados e estes não voltaram a aparecer durante todo o tempo restante do monitoramento dos mesmos. Verificou-se também que as medidas dos pinos e erosão não chegaram a 3,5mm. O gráfico abaixo (13) demonstra o comportamento

das perdas de solo em cada parcela de monitoramento ao longo do período, ressaltando que neste gráfico as perdas de solo foram demonstradas tirando-se uma média dos valores de perdas de cada pino.

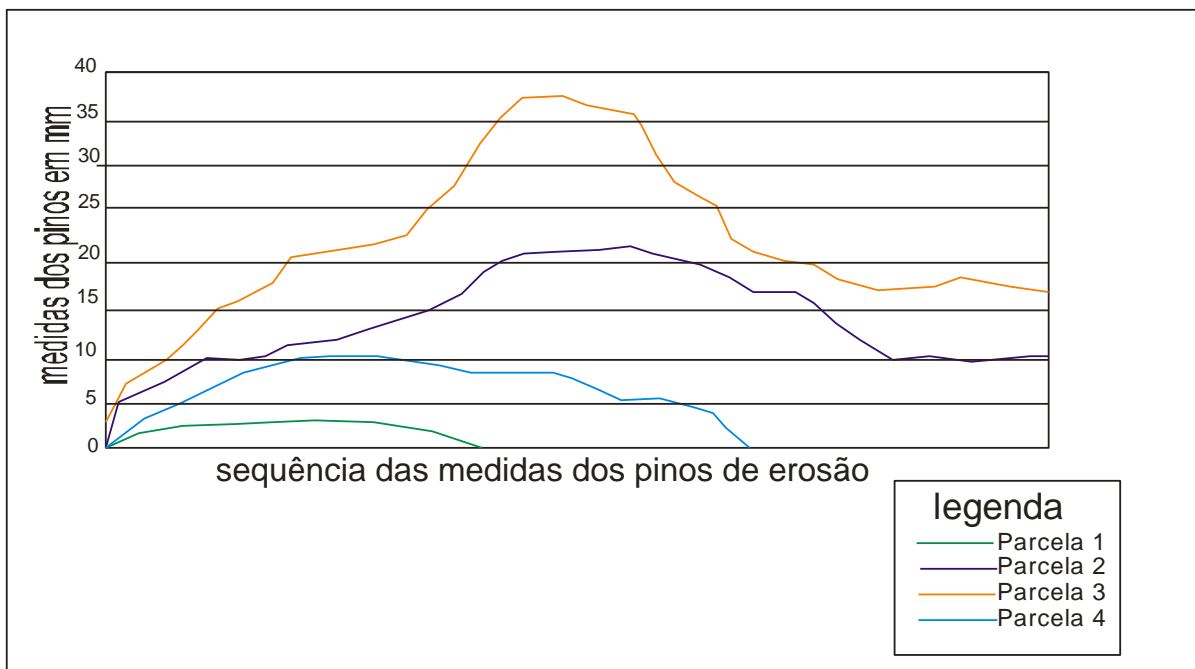


Gráfico 13 – Comportamento das perdas de solo nas Parcelas de Monitoramento 1, 2, 3 e 4.

Já na parcela experimental n.2, onde o uso da terra é destinado ao cultivo perene, os valores do potencial natural à erosão indicam que esta área está localizada na classe de potencial Muito Forte, devido, sobretudo, à declividade da vertente e à presença dos Neossolos Litólicos, que apresentam alto valor de erodibilidade como já descrito anteriormente. Associado ao uso da terra do local, a classe de perdas de solo desta área é de 2,5 | 5 ton/ha/ano, ou seja a quarta classe de maior valor de perdas de solo da bacia do ribeirão Alam Grei.

Nesta parcela, verificou-se que todos os pinos apresentaram medidas que indicam perdas de solo, além disso, nenhum deles foi soterrado durante o período do monitoramento. Constata-se que no final da experimentação, a maioria dos pinos apresentava medidas superiores a 5mm, com exceção dos pinos de n. 1, 4, 11, 17 e 21., os pinos que apresentaram medidas mais elevadas foram os de n. 2 e 5, que, no final do monitoramento, apresentaram 2,5cm e 2,0cm, respectivamente. Em seguida, aparecem os pinos de n. 19, 23 e 24 que apresentaram 15cm. Os demais variaram entre 7mm a 1,0cm de medida. O Gráfico 13 demonstra que a média de perdas de solo nesta parcela ultrapassou 20mm.

Quanto à parcela experimental n.3, esta se insere numa área que apresenta classe de potencial natural à erosão Medianamente Forte, que aliado ao valor de uso e ocupação da terra (pasto sujo), condiciona valores de perdas de 5 | 10 ton/ha/ano. Assim, constatou-se que esta parcela apresenta a quarta classe mais alta de perdas de solo da presente bacia. Os dados das medidas realizadas nos pinos durante o período da experimentação demonstram que esta área realmente obteve um volume mais alto de perdas de solo, se comparado com os valores da parcela experimental 3, como demonstra o gráfico 13. Nele, constata-se que a média dos valores de perdas de solo da parcela ultrapassou os 35mm, permanecendo com perdas de 17mm até o final do monitoramento.

Constatou-se, por meio dos pinos da parcela n. 3, que estes obtiveram medidas bem maiores quando comparados às duas parcelas anteriores. Apenas os pinos de n. 1, 6, 11, 16, 22 e 24 apresentaram ao final do monitoramento medidas inferiores a 1,0 cm, onde se verifica que o pino de n. 6 apresentou valor zero no final da experimentação, contudo, este não estava soterrado, sendo possível a visualização do mesmo dentro da parcela. Dezesesseis pinos apresentaram valores superiores a 1,0 cm, sendo que o pino n. 10 foi o que mais se destacou na parcela, apresentando 3,5cm de medida no final do monitoramento.

Já a parcela experimental 4 está localizada numa área que apresenta a classe de potencial natural à erosão Médio. Além disso, esta parcela apresenta um uso da terra, também de cultivos anuais, que irá gerar a classe mais alta de perdas de solo da presente bacia, ≥ 10 ton/ha/ano. No entanto, assim como na parcela experimental 1, os pinos de erosão foram todos cobertos por sedimentos num curto período de tempo de monitoramento, demonstrando também que estas áreas são locais onde há mais deposição do que perdas de solos.

Por meio do gráfico 13, constata-se que nenhum dos 25 pinos dentro da parcela n. 4 permaneceu visível até o final do monitoramento. Todavia, é fato que muitos deles chegaram a apresentar medidas métricas superiores a 1,0cm durante a experimentação, contudo, apresentaram um gradual declínio até desapareceram.

Na parcela n. 4 alguns pinos permaneceram em superfície até o dia 16 de Novembro de 2008. A partir desta data, todos se encontraram soterrados durante o período restante de monitoramento.

Vale ressaltar que, mesmo nas parcelas 2 e 3, nas quais as classes dos valores de perdas de solo, obtidos com a EUPS, correspondem com os dados qualitativos dos pinos

de erosão, os gráficos demonstram que, no decorrer de um ano, a dinâmica dos processos de deposição e perdas de solo foram intensas. Isso é constatado nos valores dos pinos que por vezes apresentavam medidas métricas mais altas, indicando uma quantidade maior de perdas de solo e em outros momentos essas medidas diminuam, indicando que no período analisado houve um processo maior de deposição.

Além das medidas para análise qualitativa das perdas de solo nas quatro estações experimentais, optou-se por aplicar a fórmula proposta por Bertoni e Lombardi Neto (1979 e 1970), para se obter os valores de perdas de solo. Os valores obtidos foram:

| Parcela | h* | A* | Ds* | P* |
|----------------|-----------|-----------|------------|-------------|
| 1 | 0 | 1 | 0,437 | 0,0 |
| 2 | 3 | 1 | 0,653 | 1,95 |
| 3 | 5 | 1 | 0,378 | 1,89 |
| 4 | 0 | 1 | 0,232 | 0,0 |

Tabela 16 – Representação da planilha de cálculo de perdas de solo das parcelas 1, 2, 3 e 4.

*h – Média de alteração de nível da superfície do solo (mm)

*A – Área de alteração da parcela (m²)

*Ds – Densidade do Solo (g/cm³)

*P – Perda de Solo (ton/ha).

Assim, se compararmos os valores de perdas de solo obtidos com a EUPS e os dados calculados a partir dos pinos, pode-se observar que existem algumas divergências entre estes. A parcela 1 apresenta um valor de perda de solo com a EUPS de 5 | 10 ton/ha/ano. Já aqui, esta é nula por não haver demonstrado medidas de perdas de solo.

A parcela 2, na EUPS, apresenta uma classe de perdas de 2,5 | 5 ton/ha/ano. Aqui nesta proposta esta apresentou um valor de perdas de 1,95 ton/ha/ano. Assim, também na parcela 3, a classe de perdas obtidas com a EUPS foi de 5 | 10ton/ha/ano, sendo que nesta proposta o valor de perdas foi de 1,89 ton/ha/ano.

A parcela 4, da mesma forma, apresentou uma classe de perdas bastante alta na Equação Universal de Perdas de Solo de ≥ 10 to/ha/ano. Por meio desta proposta, a perda foi nula, já que não houve medidas de perdas durante o período analisado.

6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Levando em consideração os objetivos iniciais propostos para a presente pesquisa, constata-se que as técnicas empregadas mostraram-se satisfatórias para o estudo dos processos erosivos da bacia do ribeirão Alam Grei.

As cartas de uso e ocupação da terra analisadas para os cenários de 1972, 1995 e 2008, constituíram-se em ferramentas para a avaliação do dinamismo do manejo e do uso da terra que ocorre nesta bacia. Constatou-se por meio destas, que os usos estão em constantes mudanças, em especial no que se refere aos cultivos agrícolas e áreas de pastagens, promovendo-se assim uma dinâmica nos processos geomorfológicos denudativos, como avaliado por meio das Cartas Geomorfológicas.

A partir destas, foi possível verificar o dinamismo dos processos erosivos na presente bacia, já que ora se mostraram mais intensos e em estágios mais evoluídos, e ora se mostraram amenizados, considerando sua íntima relação com a dinâmica do uso e manejo do solo.

Desta forma, alguns fatos merecem destaque como as áreas de cultivo da cana de açúcar que no ano de 1995 tiveram um aumento territorial significativo, ocupando quase toda a baixa bacia. Isto refletiu nos valores de Perdas de Solo deste ano onde os valores alcançaram as classes de perdas mais altas $5 \text{ | } 10 \text{ ton/ha/ano}$ e $\geq 10 \text{ ton/ha/ano}$. Este fato se deve ao alto valor do fator uso e manejo do solo que a cana-de-açúcar apresenta mesmo utilizando práticas conservacionistas. Já no ano de 2008, os valores de perdas de solo diminuem nesta mesma área devido ao retrocesso do cultivo da cana-de-açúcar que deu lugar às áreas de pastagens. Desta forma a classe de perda de solo predominante passou a ser $1 \text{ | } 2,5 \text{ ton/ha/ano}$.

Da mesma forma, no interflúvio que separa o ribeirão Alam Grei do afluente 1 o cultivo da cana-de-açúcar provocou o aumento dos valores de perdas de solo no ano de 2008, que passou de $1 \text{ | } 2,5 \text{ ton/ha/ano}$ em 1972 e 1995 para $\geq 10 \text{ ton/ha/ano}$, predominantemente. Situação inversa também pôde ser observada, por exemplo, na margem direita do ribeirão Alam Grei que no ano de 1972 possuía uma área coberta apenas por pastagens. Isto gerava valores de perdas do solo predominantemente entre $2,5 \text{ | } 5 \text{ ton/ha/ano}$. No ano de 1995 e, principalmente 2008, estes valores de perdas foram diminuindo predominando a classe $< 0,05 \text{ ton/ha/ano}$, graças às matas ciliares que aumentaram significativamente nestas áreas.

A Carta de Potencial Natural à Erosão demonstrou que a bacia do ribeirão Alam Grei apresenta áreas bastante susceptíveis ao desencadeamento dos processos erosivos, o que indica que estas áreas devam possuir coberturas vegetais capazes de amenizar os agentes desencadeadores de tais processos, como foi constatado pelas Cartas de Estimativa de Perdas de Solo, nas quais as áreas que obtiveram um crescimento considerável de sua vegetação original, com a presença de matas, registraram valores de perdas de solo menores que em outros tipos de uso analisados.

É importante ressaltar que, em 1972, estas áreas de mata eram quase inexistentes, sendo que sua regeneração foi constatada a partir dos cenários de 1995 e 2008, onde, sobretudo as matas ciliares obtiveram um crescimento em extensão territorial por toda a bacia. Desta forma, a presente pesquisa constatou que na bacia do ribeirão Alam Grei, a situação foi contrária a comumente registrada no cenário de degradação das matas ciliares, ocorrendo um aumento desta vegetação no decorrer dos anos, promovendo para estas áreas o registro de menores valores de perdas de solo para os anos de 1995 e 2008, do que no ano de 1972.

Este fato pode estar atrelado ao aumento da fiscalização ambiental das áreas de APPs que ganharam força a partir da implantação do Código Florestal brasileiro, criado em 1965, pelo avanço dos movimentos ambientalista nos anos 1970 após a Conferência de Estocolmo em 1972 e pelas iniciativas para o aprimoramento dos instrumentos legais de gestão ambiental que caracterizaram a década de 1980, como afirma Jacobi (2003). De acordo com o Código Florestal de Caça e Pesca Lei 4771/65 regulamentada pela Resolução CONAMA nº 303/2002, “constitui Área de Preservação Permanente a área situada:

I – em faixa marginal, medida a partir do nível mais alto, em projeção horizontal, com largura mínima, de:

a) trinta metros, para o curso d’água com menos de dez metros de largura;”

[...]

II – ao redor de nascente ou olho d’água, ainda que intermitente, com raio mínimo de cinquenta metros de tal forma que proteja, em cada caso, a bacia hidrográfica contribuinte.”

Assim, constata-se que a bacia do ribeirão Alam Grei se encaixa dentro destas normas por apresentar cursos de água bastante estreitos que não ultrapassam dez metros de largura, estando suas matas ciliares protegidas por tal aparato legal.

Quanto aos valores obtidos com a Equação Universal de Perdas de Solo, podemos considerar que este modelo matemático se demonstrou favorável aos objetivos da pesquisa em analisar como os processos erosivos da bacia do ribeirão Alam Grei vêm evoluindo no decorrer dos anos, já que possibilitou, por meio da espacialização das classes de perdas de solos, a análise comparativa entre os cenários.

Pôde-se constatar que em cada ano analisado, as cartas de Estimativa de Perdas de Solo construídas demonstraram que, dependendo do uso e ocupação da terra em determinada área da bacia, os valores de perdas de solo ora aumentaram, ora diminuíram. Contudo, foi possível constatar que as áreas utilizadas para o cultivo da cana-de-açúcar, nos anos de 1995 e 2008, apresentaram classes de perdas de solos altas, demonstrando que, de acordo com os valores de cálculo da EUPS, este é o um dos usos que apresentam maiores valores de perdas do solo.

Nas áreas de instalação das estações experimentais 2 e 3 pôde-se constatar que houve uma equivalência dos resultados obtidos com a modelagem e os dados qualitativos dos pinos de erosão. Assim, a área de pasto sujo apresentou maiores valores de perdas de solo, assim como maiores medidas de perdas, do que a área de cultura perene.

Entretanto, os pinos de erosão não apresentaram resultados satisfatórios nas áreas de menores declividades do terreno, pois enquanto a modelagem apresentou classes de perdas elevadas nas áreas onde estão localizadas as estações experimentais 1 e 4, os pinos demonstraram que nestas ocorrem mais processos de deposição do que de perdas de solo, já que nestas duas estações houve o soterramento dos pinos.

Este fato vem demonstrar que apesar do modelo aplicado na presente pesquisa objetivar a representação da realidade, este se torna por vezes não representativo devido à complexidade dos sistemas vertentes que ora apresentam deposição de sedimentos, ora apresentam perdas. Desta forma, entende-se que a EUPS, deve buscar constante aperfeiçoamento a fim de se aproximar ao máximo da natureza complexa dos sistemas vertentes. Assim, para um possível aperfeiçoamento da aplicação da EUPS, sugere-se que a área da pesquisa deva ser reduzida a sistemas vertentes tornando mais fácil o controle dos agentes desencadeadores dos processos erosivos e da dinâmica da mesma. Além disso, os mapeamentos seguiriam o aumento da escala permitindo maior detalhe dos fatores a serem representados. Entende-se assim que, quando aplicada em uma bacia hidrográfica os valores de perdas de solo obtidos com a EUPS tornam-se mais problemáticos, haja vista que é muito difícil obter mapeamentos de detalhe em bacias

que apresentem grandes extensões territoriais, ou que apresentem uma grande variabilidade de dados dos elementos que compõem tal equação, já que em tais condições se torna difícil um controle mais rigoroso de todos os elementos contemplados pela EUPS, o que acaba por generalizar os valores de cada elemento.

Outra questão a ser analisada é o fato de que a dinâmica do uso e ocupação da terra da bacia do ribeirão Alam Grei é muito grande, o que dificulta a obtenção dos dados de perdas de solo, visto que os dados de uso e ocupação são, na maioria das vezes, obtidos com a utilização de produtos de sensoriamento remoto que registram um determinado momento da área a ser analisada, o que torna difícil a obtenção de valores precisos de perdas de solo em áreas, como na presente bacia, onde o uso é bastante dinâmico, tornando difícil também o controle do desencadeamento dos processos erosivos.

Contudo, na bacia do ribeirão Alam Grei, os dados da equação foram também comparados com os dados qualitativos das Cartas Geomorfológicas e se mostraram hierarquicamente condizentes com tais dados, já que por meio destas cartas constatou-se que nos anos de 1972 e 1995 as formas de relevo que se vinculam aos processos erosivos, principalmente lineares, foram registradas com mais frequência do que no ano de 2008. Este fato pode ser constatado quando analisada a distribuição das formas erosivas, sulcos e ravinas, pela área da bacia, onde se verifica que, mesmo após reambulação em campo, no ano de 2008, estes processos são registrados com menor intensidade que nos anos anteriores analisados na pesquisa.

Um dos fatos que possibilitaram tal ocorrência foi a regeneração das matas por toda a bacia, o que faz com que os valores de perdas se tornem menores e, também, o fato de que no ano de 1972 a bacia era coberta praticamente por pasto sujo e pastos; e em 1995 esta apresentava grandes extensões de cultivo de cana-de-açúcar em sua área. Estes três cultivos, aliados a classes altas de PNE, fazem com que os valores de perdas de solo fossem altos nestes cenários mencionados.

Todavia, é fato que, apesar das melhoras, a bacia ainda apresenta problemas sérios de erosão, já que possui áreas nas quais a suscetibilidade a tais processos é alta, como visto nos locais onde há o crescimento do bairro do Alam Grei, sendo necessário um maior controle dessas áreas de expansão residencial, e também um melhor manejo das terras para que o uso se torne mais compatível com a capacidade natural da bacia.

Nestes termos, a presente pesquisa veio a contribuir como instrumento de subsídio ao planejamento territorial da área, visto que espacializa as áreas mais

susceptíveis ao desencadeamento dos processos erosivos, assim como os usos e ocupação da terra que mais favorecem esses processos por meio da análise e comparação dos cenários de 1972, 1995 e 2008, da bacia do ribeirão Alam Grei, sendo que a Equação Universal de Perdas de Solo foi um instrumento de valor na identificação da evolução dos processos erosivos, fornecendo dados úteis para o planejamento ambiental da bacia. Deve-se registrar que a natureza é mais complexa do que os modelos, porém os modelos são de extrema importância para o entendimento do sistema natural, e devem ser permanentemente aperfeiçoados.

7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB’SÁBER, A.N. **Os Domínios de Natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas.** São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

Atlas Ambiental da Bacia do Rio Corumbataí. Disponível em <http://www.ceapla.rc.unesp.br/atlas.html>. Acesso em 05/2007.

ARAUJO, E.P. de. **Aplicação de Dados SRTM à Modelagem da Erosão em Microbacias por Geoprocessamento.** 2006. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campos, 2006.

ARAUJO JR, G.J.L.D. de. **Aplicação dos Modelos EUPS e MEUPS na Bacia do Ribeirão Bonito (SP) Através de Técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento.** 2003. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campos, 2003.

ARRUDA, W.C. **Estimativa de Erosão em Clareiras através da Mudança do relevo do Solo por Meio de Pinos.** Disponível em: <http://www.projetos.inpa.gov.br>. Acesso em 09/2007.

BASE AEROFOTOGRAMETRIA E PROJETOS AS, Fotografias Aéreas da bacia do ribeirão Alam Grei, escala 1:25.000, 2006.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Manual Técnico de Manejo e Conservação do Solo e Água.** Campinas: CATI, 1993.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo.** Ed. Livroceres, 2^a edição. Piracicaba, 1985.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo.** Ed. Ícone, 3^a Edição, São Paulo, 1990.

BERTOL, I. Erodibilidade de um nitossolo háplico alumínico determinada em condições de campo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.** Vol. 31, n.3, Viçosa, mai/jun, 2007. Disponível em <http://www.scielo.br>. Acesso em 10/2007.

BIGARELLA, J.J. **Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais.** V.3, Ed. UFSC, Florianópolis, 2003.

BONO, J.A.M. **Sistemas de Melhoramento de Pastagens Nativas Visando o Aumento da Produtividade e Conservação do Solo.** 1994. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas), Escola Superior de Agricultura – ESAL, Lavras, 1994.

BUENO, C.R. **Zoneamento da Suscetibilidade à Erosão dos Solos da Alta e Média Bacia do Rio Jacaré Pepira, SP, com Vistas ao Planejamento Ambiental.** 1994. Tese (Doutorado em Geografia), Instituto de Geociências e Ciências Exatas – UNESP – Rio Claro, 1994.

CASSETI, V. **Elementos de Geomorfologia**. Editora UFG, Goiânia, 1994.

CECÍLIO, R.A. **Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS)**. Disponível em <http://www.nedte.ufes.br>. Acesso em 10/2007.

CESP. **Carta Topográfica de Rio Claro**. Folha – Granja Ipê - SF.23-Y-A-I-4-NE-D, escala 1:10.000.

CERON, A.O.; DINIZ, J.A.F. O Uso de Fotografias Aéreas na Identificação das Formas de Utilização Agrícola da Terra. **Revista Brasileira de Geografia**. Rio de Janeiro, n°.2, p. 161-172, 1996.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. Ed. Edgard Blucher Ltda. 1ª edição, São Paulo, 1999.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de Sistemas em Geografia**. Ed. Hucitec, São Paulo, 1979.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. Ed. Edgard Blucher Ltda, São Paulo, 1974.

COLANGELO, A.C. **Movimentos de Massa e Evolução Geomorfológica no Lago de Praibuna (SP)**. Tese (Doutorado em Geografia)- FFLCH, USP, São Paulo, 1990.

COSTA, A.L.C.da **Estudo da Vulnerabilidade à Erosão com a Aplicação da Equação Universal de perda de Solo na Alta bacia Hidrográfica do rio Jacaré Pepira, utilizando SIG/SPRING**. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente), 2005. Universidade Estadual Paulista- - UNESP, Rio Claro, 2005.

CUNHA, C.M.L. **Quantificação e Mapeamento das Perdas de Solo por Erosão com Base na Malha Fundiária**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Rio Claro, 1997.

CUNHA, C.M.L. **A Cartografia do Relevo no Contexto da Gestão Ambiental**. 2001. 128f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Rio Claro, 2001.

CUNHA, C.M.L.; MENDES, I.A.; SANCHEZ, M.C. Técnicas de Elaboração, Possibilidades e Restrições de Cartas Morfométricas na Gestão Ambiental. **Geografia**, Rio Claro, v.28, n. 3, p. 415-429, 2003.

DE PLOEY, J. e GABRIELS, D.. Measuring soil loss and experimental studies. In: **Soil Erosion**. Eds. M.J.Kirkby e R.P.C. Morgan. p. 63-108, 1980.

DE BIASI, M. Carta Clinográfica: os Métodos de Representação e sua Confecção. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 6, p. 45-60, 1992.

DE BIASI, M. Cartas de Declividade: Confecção e Utilização. **Geomorfologia**, São Paulo, n.21, p. 8-12, 1970.

DEPLAN, Fotografias Aéreas da Bacia hidrográfica do ribeirão Alam Grei, escala 1:30.000, 1972.

DONZELI, P.L. et al. Técnicas de Sensoriamento remoto aplicadas ao Diagnóstico básico para Planejamento e Monitoramento de Microbacias Hidrográficas. **Documentos IAC**, Campinas, Instituto Agrônômico, n. 29, p. 91 – 119, 1992.

KOFFLER, N.F. **Solos da Bacia do Rio Corumbataí**. Universidade Estadual Paulista – IGCE – Departamento de Cartografia e Análise da Informação Geográfica, campus Rio Claro, SP, escala 1:50.000, 1992.

FERNANDEZ, G.A.V. **Análise da Erosão do Solo Usando a EUPS, Através de Técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento**. 1996. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, São José dos Campos, 1996.

GAMEIRO, M.G. **Avaliação de Métodos para Obtenção dos Fatores “I” e “S” da EUPS numa Microbacia, via Geoprocessamento e Banco de Dados**. 2003. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campos, 2003.

GUERRA, A.T. Processos Erosivos nas Encostas. In: **Geomorfologia: Exercícios, Técnicas e Aplicações**. Orgs. CUNHA, S.B. da; GUERRA, A.T., p.139 – 155, 1996.

GUERRA, A. Experimentos e Monitoramentos em Erosão dos Solos. **Revista do Departamento de Geografia**. n.16, p.32 – 37, São Paulo, 2005.

GUERRA, A. O Início do Processo Erosivo. In: **Erosão e Conservação dos Solos – Conceitos, Temas e Aplicações**. Orgs. GUERRA, A.T.; SILVA, A.S.da; BOTELHO, R.G.M. Editora Bertrand Brasil, 3ª edição, Rio de Janeiro, 2007.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. EMBRAPA, 1999.

IAC, INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **Carta Pedológica Semi-Detalha do Estado de São Paulo: Folha de São Carlos (SF.23-Y-A-IV)**, escala 1:100.000, 1989.

IAC, INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **Levantamento Pedológico Semidetalhado do Estado de São Paulo: Quadrícula São Carlos II. Memorial Descritivo**. Campinas, 1984.

IPT, INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICA. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: IPT, 1981 a.

IPT, INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICA. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: IPT, 1981 b.

LEPSCH, I.F. **Formação e Conservação dos Solos**. Editora Oficina de Textos, São Paulo, 2002.

LOMBARDI NETO, F. **Rainfall erosivity - its distribution and relationship with soil loss as Campinas, Brasil.** West Lafayette, Purdue University, 1977.

LOMBARDI NETO, F. **Equação Universal de Perdas de Solo Modificada.** Campinas: Seção de Conservação do Solo – IAC, 1994.

LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER. Erosividade da Chuva – sua distribuição e relação com perdas de solo em Campinas, SP. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA DE CONSERVAÇÃO DO SOLO, 3º, 1980, Recife. **Anais.** Recife: UFRPE, 1981, p.158.

LOHMANN, M. **Estudo Morfopedológico da Bacia do Arroio Guassupi, São Pedro do Sul – RS: Subsídio à Compreensão dos Processos Erosivos.** 2005. Dissertação (Mestrado em Análise e Gestão Ambiental), Universidade Estadual do Paraná, Curitiba, 2005. Disponível em <http://www.dspace.c3sl.ufpr.br>. Acesso em: 08/2007.

MACAGNAN, V.L. **Variação da Cobertura Vegetal e seus Reflexos na Erosão Superficial.** 1990. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Estadual Paulista – UNESP, Rio Claro, 1990.

MENDES, I. A. **A Dinâmica Erosiva do Escoamento Pluvial na Bacia do Córrego Lafon – Araçatuba-SP.** 1993. 156f. Tese (Doutorado em Geografia)- FFLCH, USP, São Paulo, 1993.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA-DIVISÃO DE GEOLOGIA E MINERALOGIA. **Carta Geológica do Brasil: Quadrícula de São Carlos, escala 1:100.000,** 1952.

MORETTI, D. Importantes características de chuva para a conservação do solo e da água no município de São Manuel (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo.** Vol.27, n.4, Viçosa, jul./ago., 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br>. Acesso em 09/2007.

OLIVEIRA, J.B; JACOMINE, P.K.T.;CAMARGO, M.N. **Classes Gerais de Solos do Brasil- Guia auxiliar para seu reconhecimento.** FUNEP, Jaboticabal, 1992.

PESSOA, L.M. **Variação Espacial e Sazonal do Banco de Sementes do Solo em uma área de Caatinga, Serra Talhada, PE.** Dissertação (Mestrado em Botânica). 2007. Universidade Federal Rural de Pernambuco – PPGB/UFRPE, Recife, 2007. Disponível em <http://www.pgb.ufrpe.br/doctos> . Acesso em 02/2008.

Plano Diretor do Município de Rio Claro. Disponível em: <http://www.rioclaro.sp.gov.br>. Acesso em 05/2007.

PINTO, S dos A. F. **Contribuição Metodológica para a Análise de Indicadores da Erosão do Solo utilizando Técnicas de Sensoriamento Remoto, Geoprocessamento e Modelo Predictivo.** 1995. Tese (Livre Docência em Cartografia e Análise da Informação Geográfica), Universidade Estadual Paulista – UNESP, Rio Claro, 1995.

PENTEADO, M.M. **Fundamentos de Geomorfologia.** IBGE, 2ª edição, Rio de Janeiro, 1978.

PERINOTTO, A.J.; ZAINÉ, M.F. **Patrimônios Naturais e História Geológica da Região de Rio Claro-SP**. Câmara Municipal: Arquivo Público e Histórico, Rio Claro, 1996.

PROCHNOW, D. et al. Razão de perdas de terra e fator C da cultura do cafeeiro em cinco espaçamentos, em Pindorama (SP). **Revista Brasileira de Ciência de Solo**. Vol.29, n.1, Viçosa, jan./fev., 2005.

RIBEIRO, S.L. **Aplicação de Sistema de Informação geográfica Nacional ao Estudo de Erosão dos Solos por Meio do Modelo EUPS: Microbacia Hidrográfica do Ribeirão Araquá – SP**. 2000. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Universidade Estadual Paulista – UNESP – 2000.

ROSS, J.L.S. **Geomorfologia: Ambiente e Planejamento**. Editora Contexto, 7ª edição, São Paulo, 2003.

SALOMÃO, F.X. de T. Controle e Prevenção dos Processos Erosivos. In: **Erosão e Conservação dos Solos – Conceitos, temas e aplicações**. Orgs. GUERRA, A.T.; SILVA, A.S.da; BOTELHO, R.G.M., Ed. Bertrand Brasil, 3ª edição, Rio de Janeiro, 2007.

SANTOS, D. **Perdas de solo e produtividade de pastagens nativas melhoradas sob diferentes práticas de manejo em Cambissolo distrófico (epialico) dos Campos da Mantiqueira (MG)**. 1993. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas), ESAL, 1993.

SILVA, D.A.; PFEIFER, R.M. Zoneamento de Uso das Terras da Estação Experimental de Tupi-SP. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.10, n. 1, p. 23-38, 1998.

SILVA, A., et al. Avaliação da Erosão na Margem Direita do Rio Paraguai a Jusante da Praia do Juliao, Município de Cáceres – MT. **Revista Geográfica Acadêmica**. Vol.1, n.1, p. 5 – 19, 2007. Disponível em <http://www.geograficaacademica.webng.com/ingles/artigos>. Acesso em 08/2007.

SILVA, J. et al. A erosividade das chuvas em Fortaleza (CE). II - correlação com o coeficiente de chuva e atualização do fator R no período de 1962 a 2000. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Vol.27, n.2, Viçosa, 2003. Disponível em <http://www.scielo.br>. Acesso em 09/2007.

SOUZA FILHO, E. et al. A Erosão Marginal a Jusante da Barragem de Porto Primavera. **GEMA**, UEM, 2002. Disponível em <http://www.peld.uem.br/Relat2002/pdf>. Acesso em 08/2007.

STEIN, D.P., et al. Potencial de Erosão Laminar, Natural e Antrópico, na Bacia do Peixe – Paranapanema. In: Simpósio Nacional de Controle de Erosão, 4, 1987, Marília, **Anais**. São Paulo: S.C.P., 1987.

TAVARES, A.C.; VITTE, A.C. Erosão do Solo e Assoreamento: O caso de Monte Aprazível – SP. **Geografia**. Rio Claro, 18 (1), abril, 1993, p.51-95.

TRICART, J. **Principes et Méthodes de la Géomorphologie**. Paris: Masson et Cie, 1965.

VENEZIANE JR, J.C.T. **Utilização de Índices de Vegetação para Estimativa de Proteção do Solo pela Cobertura Vegetal: Uma Contribuição para o uso da Equação Universal de perdas de Solo**. 2004. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista – UNESP – 2004.

WISCHMEIER, W.H. A Rainfall Erosion Index for a Universal Soil Loss Equation. **Soil Science Society of America Proceedings**. Madison, n° 3, 1959.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. **Predicting Rainfall Erosion Losses – A Guide to Conservation Planning**. U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook n° 537, 1978.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. **Predicting Rainfall Erosion Losses from Cropland East of the Rocky Mountains**. Washington: USDA Handbook, 1965.